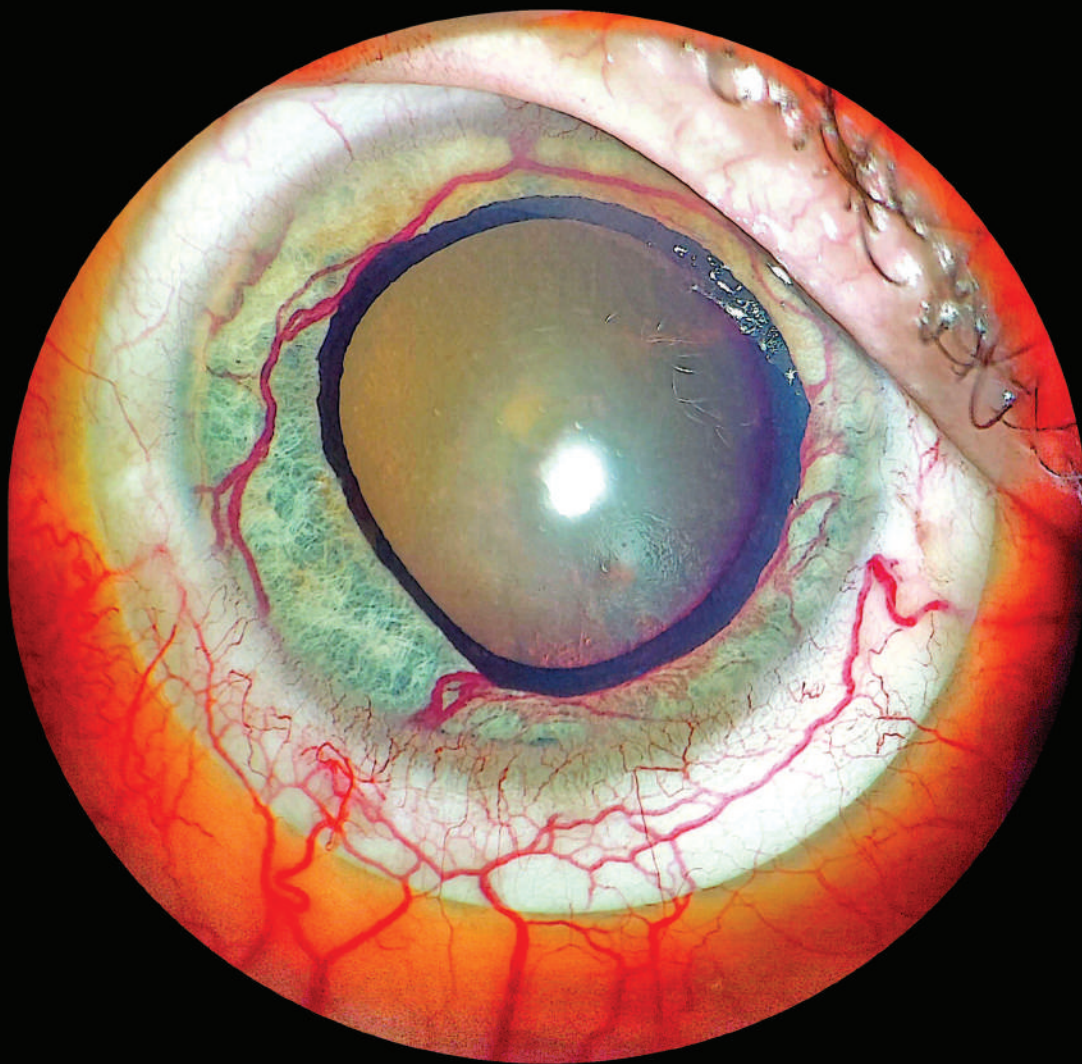


Ukrainian Journal of Ophthalmology

Number 1 | 2026 | January-February



Ukrainian Journal of Ophthalmology

ISSN (Print) 3083-7197
ISSN (Online) 3083-7200
DOI: <http://doi.org/10.31288/>
UDC 617.7



Number 1 (528) | 2026 | January-February



The journal was founded by Academician Volodymyr Filatov in 1946 and published as *Oftalmologicheskii Zhurnal* (0030-0675) from 1946 to 2025. In 2015-2025, there were online editions of the journal: *Journal of Ophthalmology* (Ukraine) 2412-8740 (English ed. Online) and *Офтальмологічний журнал* 2413-8746 (Ukrainian ed. Online).

In 2026 the journal was renamed to *Ukrainian Journal of Ophthalmology*.

The founders of the *Ukrainian Journal of Ophthalmology* are NGO "Ukrainian Society of Ophthalmologists" and SI "The Filatov Institute of Eye Diseases and Tissue Therapy of the NAMS of Ukraine".

Ukrainian Journal of Ophthalmology is an official journal of the Ukrainian Society of Ophthalmologists and is published in collaboration with SI "The Filatov Institute of Eye Diseases and Tissue Therapy of the NAMS of Ukraine".

Issues are published six times a year.

Articles are published in English/Ukrainian.

Ukrainian Journal of Ophthalmology has been included in the State Register of Media Entities by the National Council of Ukraine on Television and Radio Broadcasting. Decision dated 04.11.2024 No. 1166 Protocol No. 13.

Media identifier: R30-05169

Ukrainian Journal of Ophthalmology is included in the List of Professional Publications of Ukraine in specialty 222. Category A (medicine). №527 from 24.05.2018.

Ukrainian Journal of Ophthalmology is indexed in EBSCO Publishing's Electronic Databases, Scimago Journal Ranking, SNIP, Research4Life (Hinari), DOAJ, Scopus, National Library of Ukraine named after VI Vernadsky, Open Ukrainian Citation Index (OUCI), Google Scholar.

Ukrainian Journal of Ophthalmology is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)



The electronic version of the journal is available at: <https://ua.ozhurnal.com/>

Editor-in-Chief

Pasechnikova Nataliya (Odesa, Ukraine)

Associate Editor

Poliakova Svetlana (Odesa, Ukraine)

Secretary

Dorokhova Oleksandra (Odesa, Ukraine)

Editorial Board:

Bobrova Nadiia (Odesa, Ukraine)

Drozhdzhyna Galyna (Odesa, Ukraine)

Zadorozhnyi Oleg (Odesa, Ukraine)

Korol Andrii (Odesa, Ukraine)

Mykheitseva Iryna (Odesa, Ukraine)

Ulyanova Nadiia (Odesa, Ukraine)

Editorial Advisory Board

Bezditko Pavlo (Kharkiv, Ukraine)

Bezkaravayna Iryna (Poltava, Ukraine)

Chynn Emil (USA)

Dmitriev Serhii (Odesa, Ukraine)

Fedirko Pavlo (Kyiv, Ukraine)

Furdova Alena (Slovakia)

Grzybowski Andrzej (Poland)

Guthoff Rudolf F. (Germany)

Hawlina Marko (Slovenia)

Herbort Carl P. Jr (Switzerland)

Kaskaloglu Mahmut (Turkey)

Kolomiyets Volodymyr (Odesa, Ukraine)

Laganovska Guna (Latvia)

Maletskiy Anatolii (Odesa, Ukraine)

Maltsev Eduard (Odesa, Ukraine)

Novitsky Ihor (Lviv, Ukraine)

Penishkevich Yaroslav (Chernivtsi, Ukraine)

Safronenkova Iryna (Odesa, Ukraine)

Serdyuk Valerii (Dnipro, Ukraine)

Seregard Stefan (Sweden)

Sergienko A. M. (Vinnytsia, Ukraine)

Singh Gurinder (USA)

Skrypnyk Rimma (Kyiv, Ukraine)

Tassignon Marie- Jose (Belgium)

Turchin Mykola (Ternopol, Ukraine)

Ulyanov Vadym (Odesa, Ukraine)

Venger Ludmyla (Odesa, Ukraine)

Vorokhta Leonid (Odesa, Ukraine)

Zbigniew Zagorski (Poland)

Zborovska Oleksandra (Odesa, Ukraine)

Zhaboiedov Dmyro (Kyiv, Ukraine)

Executive Editor

Slobodianyuk Svitlana, MD (Odesa, Ukraine)

Editorial office

49/51, Frantsuzskii Blvd, Odessa, 65061, Ukraine

Phone: + 038 048 7298329, + 038 7298438

E-mail: ozhurnal@gmail.com

Web-site: www.ua.ozhurnal.com/

Printed in

Typografia Aprel Publishing House

60, Velyka Arnavtska str., 65045, Odessa, Tel: +38 (048) 700-11-55.

Authorized for printing 02.24.2026. Format 60x84/8. Offset Paper. "Times" font. Offset printing. 8.37 printed sides. Circulation 150 p. Appl. №2402/2

Ukrainian Journal of Ophthalmology

ISSN (Print) 3083-7197
ISSN (Online) 3083-7200
DOI: <http://doi.org/10.31288/>
УДК 617.7



№ 1 (528) | 2026 | Січень- Лютий



Журнал був заснований академіком Володимиром Петровичем Філатовим у 1946 році і виходив під назвою «Офтальмологічний журнал» (0030-0675) з 1946 по 2025 рік. У 2015-2025 роках існували онлайн-версії журналу: Journal of Ophthalmology (Ukraine) 2412-8740 (англійське видання, онлайн) та Офтальмологічний журнал 2413-8746 (українське видання, онлайн).

У 2026 році журнал було перейменовано на Ukrainian Journal of Ophthalmology.

Засновники науково-практичного журналу Ukrainian Journal of Ophthalmology – ГО "Товариство офтальмологів України" та ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії імені В.П. Філатова НАМН України».

Ukrainian Journal of Ophthalmology є офіційним виданням Українського товариства офтальмологів та видається у співпраці з ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії імені В.П. Філатова НАМН України».

Виходить шість разів на рік.

Статті публікуються англійською/українською мовами.

Ukrainian Journal of Ophthalmology включений до Державного реєстру суб'єктів інформаційної діяльності у сфері телебачення і радіомовлення. Рішення від 04.11.2024 № 1166 Протокол № 13.

Ідентифікатор медіа: R30-05169

Ukrainian Journal of Ophthalmology включений до Переліку фахових видань України за спеціальністю 222. Категорія А (медицина). №527 від 24.05.2018.

Ukrainian Journal of Ophthalmology входить/індексується в EBSCO Publishing's Electronic Databases, Scimago Journal Ranking, SNIP, Research4Life (Hinari), DOAJ, Scopus, Національна бібліотека ім. В.І. Вернадського, Open Ukrainian Citation Index (OUCI), Google Scholar.



Ukrainian Journal of Ophthalmology ліцензується відповідно до міжнародної ліцензії Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0)

Електронна версія журналу доступна за адресою:

<https://ua.ozhurnal.com/>

Редакція

📍 65015, Україна, м. Одеса, бул. Французький, 49/51
☎ Телефон: + 038 048 7298329, + 038 7298438
✉ E-mail: ozhurnal@gmail.com
🌐 Веб-сайт: www.ua.ozhurnal.com/

Головний редактор

Пасєчнікова Наталія Володимирівна, член-кор. НАМН України, професор (Одеса, Україна)

Заступник редактора

Полякова Світлана Іванівна (Одеса, Україна)

Секретар

Дорохова Олександра Едуардівна (Одеса, Україна)

Редакційна колегія:

Боброва Н. Ф. (Одеса, Україна)
Дрожжина Г. І. (Одеса, Україна)
Задорожний О. С. (Одеса, Україна)
Король А. Р. (Одеса, Україна)
Михейцева І. М. (Одеса, Україна)
Ульянова Н. А. (Одеса, Україна)

Редакційна рада:

Бездітко П. А. (Харків, Україна)
Безкоровайна І. М. (Полтава, Україна)
Chynn Emil (США)
Дмитрієв С. К. (Одеса, Україна)
Федірко П. А. (Київ, Україна)
Furdová Alena (Словаччина)
Grzybowski Andrzej (Польща)
Guthoff Rudolf F. (Німеччина)
Hawlina Marko (Словенія)
Herbort Carl P. Jr. (Швейцарія)
Kaskaloglu Mahmut (Туреччина)
Коломієць В. О. (Одеса, Україна)
Laganovska Guna (Латвія)
Малецький А. П. (Одеса, Україна)
Мальцев Е. В. (Одеса, Україна)
Новицький І. Я. (Львів, Україна)
Пенішкевич Я. І. (Чернівці, Україна)
Сафроненкова І. О. (Одеса, Україна)
Сергієнко А. М. (Вінниця, Україна)
Сердюк В. М. (Дніпро, Україна)
Seregard Stefan (Швеція)
Singh Gurinder (США)
Скрипник Р.Л. (Київ, Україна)
Tassignon Marie-José (Бельгія)
Турчин М. В. (Тернопіль, Україна)
Ульянов В.А. (Одеса, Україна)
Венгер Л. В. (Одеса, Україна)
Ворохта Ю. М. (Одеса, Україна)
Zbigniew Zagorski, MD (Польща)
Зборовська О. В. (Одеса, Україна)
Жабосдов Д. Г. (Київ, Україна)

Виконавчий редактор

Світлана Слободяник (Одеса, Україна)

Надруковано в

Видавництво «Типографія Апрель»
вул. Велика Арнаутівська, 60. Одеса, 65045. тел.: +38 (048) 700-11-55.
Підписано до друку 24.02.2026 р. Формат 60x84/8.
Офсетний папір. Шрифт «Times».
Офсетний друк. 8,37 друкованих сторінок. Тираж 150 прим. Заявка №2402/2

CONTENT

Clinical Ophthalmology

- Sereda K.V., Gorodna O.V., Nechiporenko M.V., Drozhzhyna G.I., Livshits L.A. *IFNL4* rs12979860 polymorphism in patients with herpetic keratitis and a history of COVID-19 5
- Imad Hussein Sachit, Muataz Hasan Jaaz, Ammar Adil Fahad. Comparative Outcomes and Indications of Phakic Implantable Collamer Lens (ICL) Exchange or Explantation in Keratoconus versus Non-Ectatic Eyes at a Tertiary Eye Hospital in Iraq 14
- Melnyk VO, Vasyli'eva LS. A proposed classification of pseudoexfoliation syndrome as a basis for surgical treatment for cataract associated with the syndrome 21
- Lutsenko N.S., Isakova O.A., Rudycheva O.A., Mykhalchuk T.S. Visual outcomes of cataract surgery in adult patients with hyperopia and amblyopia with the dominant vs amblyopic eye operated on first 27
- Artemov A.V., Lytvynenko M.V., Kovalchuk L.Y., Larson L.M., Kotiuzhynska S.G., Chebotarova S.O., Koshelnik O.L., Petrusenko I.M., Gargin V.V., Lunyov V.Ye. On the possibility of neoplastic growth of the descemet's corneal endothelium 34
- Indrajit Sarkar, Dattatreya Banerjee, Rashmirekha Bahera. Comparative study of fibrin glue, suturing and sutureless / glue-free limbal conjunctival autograft for primary pterygium surgery in patients attending a tertiary care hospital in Eastern India 40
- Guzun O.V., Zadorozhnyy O.S., Sytnikova V.O., Konovalova N.V., Kovalchouk A.G. Morphometry of the ciliary body and systemic inflammation in neovascular glaucoma secondary to diabetic retinopathy and/or retinal vein occlusion 46
- Yusupov A.F., Karimova M.Kh., Rakhimova D.A., Khamraeva U.Sh., Khodzhaeva Z.A. Clinico-functional assessment of patients with pachycho-roid neovascularopathy after intravitreal administration of angiogenesis inhibitors with photodynamic therapy 55
- Igorova K.S., Guk M.O., Ukrainets O.V. Establishing the relationship between the growth stage of a pituitary tumor and visual functions using the area of the zone of chiasmal pressure from the tumor 63

ЗМІСТ

Питання клінічної офтальмології

- Середя К.В., Городна О.В., Нечипоренко М.В., Дрожджина Г.І., Лівшиць Л.А. Поліморфізм нуклеотидної послідовності гена *IFNL4* (rs12979860) у пацієнтів з герпетичним кератитом після перенесеного COVID-19 5
- Imad Hussein Sachit, Muataz Hasan Jaaz, Ammar Adil Fahad. Comparative Outcomes and Indications of Phakic Implantable Collamer Lens (ICL) Exchange or Explantation in Keratoconus versus Non-Ectatic Eyes at a Tertiary Eye Hospital in Iraq.. 14
- Мельник В. О., Васильєва Л. С. Пропозиція класифікації псевдоексfolіативного синдрому як основа хірургічного лікування катаракти, ускладненої даним синдромом 21
- Луценко Н. С., Ісакова О. А., Рудичева О. А., Михальчик Т. С. Послідовність хірургії катаракти у дорослих пацієнтів із гіперметропією та амбліопією: результати операції в залежності від втручання на домінантному чи амбліопічному оці 27
- Artemov A.V., Lytvynenko M.V., Kovalchuk L.Y., Larson L.M., Kotiuzhynska S.G., Chebotarova S.O., Koshelnik O.L., Petrusenko I.M., Gargin V.V., Lunyov V.Ye. On the possibility of neoplastic growth of the descemet's corneal endothelium 34
- Indrajit Sarkar, Dattatreya Banerjee, Rashmirekha Bahera. Comparative study of fibrin glue, suturing and sutureless / glue-free limbal conjunctival autograft for primary pterygium surgery in patients attending a tertiary care hospital in Eastern India 40
- Гузун О. В., Задорожний О. С., Ситнікова В. О., Коновалова Н. В., Ковальчук О.Г. Морфометрія циліарного тіла та системне запалення при вторинній неоваскулярній глаукомі внаслідок діабетичної ретинопатії та оклюзії вен сітківки ... 46
- Yusupov A.F., Karimova M.Kh., Rakhimova D.A., Khamraeva U.Sh., Khodzhaeva Z.A. Clinico-functional assessment of patients with pachycho-roid neovascularopathy after intravitreal administration of angiogenesis inhibitors with photodynamic therapy 55
- Єгорова К.С., Гук М.О., Українець О.В. Встановлення залежності між стадією росту пухлини гіпофіза та зоровими функціями за допомогою площі зони тиску пухлини на хіазму 63

Velychko L.M., Bogdanova O.V., Khramenko N.I., Makarova M.B., Linchevska O.G.; Poliakova S.I., Tsukanova I.V. Systemic immune reactivity in patients with ocular demodicosis	71
Varyvonchyk D.V., Borysova I.S., Alifanov I.S., Iasko L.G., Kopach K.D. Prevalence rates and numbers of persons newly recognized as having a disability due to eye disease or injury (2019-2024) in Ukraine	77
Author index of articles published in the "Journal of Ophthalmology (Ukraine)" in 2025	85

Величко Л.М., Богданова О.В., Храменко Н.І., Макарова М.Б., Лінчевська О.Г., Полякова С.І., Цуканова І.В. Імунологічна реактивність організму хворих на офтальмодемодекоз	71
Варивончик Д. В., Борисова І. С., Аліфанов І. С., Ясько Л. Г., Копач К. Д. Первинна інвалідність населення України внаслідок захворювань і травм органа зору (2019–2024 рр.)	77
Авторський покажчик статей, опублікованих в "Офтальмологічному журналі" у 2025 році	85

УДК 617.713-002-022:578.825.11-06:616.98:578.834.1:575.17

Поліморфізм нуклеотидної послідовності гена IFNL4 (rs12979860) у пацієнтів з герпетичним кератитом після перенесеного COVID-19

Середа К. В.¹, канд. мед. наук; Городна О. В.², канд. біол. наук; Нечипоренко М. В.², канд. біол. наук; Дроzhzhyna Г. І.¹, д-р мед. наук, професор; Лівшиць Л. А.², д-р біол. наук, професор

¹ ДУ «Інститут очних хвороб та тканинної терапії ім. В.П.Філатова НАМН України», Одеса (Україна)

² Інститут молекулярної біології і генетики НАН України, Київ (Україна)

IFNL4 rs12979860 polymorphism in patients with herpetic keratitis and a history of COVID-19

Sereda K. V.¹, Gorodna O. V.², Nechiporenko M. V.², Drozhzhyna G. I.¹, Livshits L. A.²

¹ SI "The Filatov Institute of Eye Diseases and Tissue Therapy of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Odesa (Ukraine)

² Institute of Molecular Biology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv (Ukraine)

Резюме

Мета. Вивчити можливий зв'язок поліморфізмів C/T rs12979860 гена IFNL4 зі схильністю до розвитку герпетичного кератиту (ГК) у осіб після перенесеного COVID-19.

Матеріал та методи. Всього проаналізовано 50 очей у 50 хворих у загальній групі пацієнтів із ГК (n=50), що

розвивувався після перенесеної COVID-19 інфекції. Група обстеження включала: а) хворі з первинним ГК після перенесеного COVID-19 (n=16) та б) хворі з рецидивом ГК після перенесеного COVID-19 (n=34). Генотип пацієнта за поліморфізмом гена IFNL4 (rs12979860), визначався методом полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) у реальному часі з використанням флуоресцентно мічених зондів TaqMan. За допомогою аналізу кривих ампліфікації було отримано всі поліморфні варіанти за одонуклеотидним варіантом C/T rs12979860 гена IFNL4 (CC, CT, TT). Для аналізу було використано дані генотипування групи порівняння (n=73), що включала жінок, які перенесли COVID-19 різного ступеня тяжкості та не мали проявів очних хвороб, взяті з проекту N 0120U104508. В якості контролю було використано дані генотипування осіб популяційної контрольної групи (n=100), які були отримані з бази даних лабораторії геноміки людини Інституту молекулярної біології та генетики НАН України. Ці групи включали здорових неспоріднених індивідів з різних регіонів України.

Результати. В результаті порівняльного аналізу розподілу генотипів та поліморфних варіантів між індивідами з групи обстеження: 1) групою порівняння; 2) контрольною групою за критерієм Фішера – було отримано статистично значущу відмінність (p<0,05). Подібний порівняльний аналіз проводили між індивідами з групи з рецидивуючим ГК та контрольною групою. Частота го-

DOI: <https://doi.org/10.31288/UJO20261513>

UDC: 617.7

Corresponding Author: Ludmila A. Livshits, Dr Sc (Biol), Professor and Head, Human Genomics Laboratory, Institute of Molecular Biology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv. Email: livshits@edu.imbg.org.ua

Received 2025-09-15

Accepted 2026-01-24

Cite this article as: Sereda K.V., Gorodna O.V., Nechiporenko M.V., Drozhzhyna G.I., Livshits L.A. IFNL4 rs12979860 polymorphism in patients with herpetic keratitis and a history of COVID-19. Ukrainian Journal of Ophthalmology. 2026; 1:5-13.



This is an open access article under the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license

© Sereda K.V., Gorodna O.V., Nechiporenko M.V., Drozhzhyna G.I., Livshits L.A., 2026

моzigотного генотипу CC була вірогідно вищою у групі пацієнтів з ГК.

Висновки. Встановлено асоціацію гомозиготних генотипів CC (rs12979860) гена IFNL4 з розвитком рецидивуючого герпетичного кератиту. Аallel C можна розглядати в якості генетичного маркера спадкової схильності щодо ризику розвитку герпетичного кератиту у осіб, що перенесли COVID-19.

Ключові слова: герпетичний кератит, COVID-19, поліморфізм гена, IFNL4, рогівка

Abstract

Purpose: To investigate a possible association between IFNL4 rs12979860 variants and susceptibility to herpetic keratitis (HK) in individuals with a history of COVID-19.

Material and Methods: The study group included 50 eyes in 50 patients with HK and a history of COVID-19 (16 patients with primary HK and 34 patients with recurrent HK). Patients were genotyped for IFNL4 rs12979860 using Taqman probe real-time polymerase chain reaction. Analysis of amplification curves was performed to obtain all polymorphic variants of IFNL4 SNP rs12979860. Genotyping data of the comparison group (n = 73; women with a history

of COVID-19 of various severity but without manifestations of eye disease during hospitalization for COVID-19) were available from project N 0120U104508 and were used for analysis in this study. Genotyping data of the population control group (n = 100) were available from the database of the Human Genomics Laboratory, Institute of Molecular Biology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine and were used as controls. These groups included healthy individuals from various Ukrainian regions who were not related to each other.

Results: Fisher exact test showed a significant difference ($p < 0.05$) in the distribution of genotypes and polymorphic variants (alleles) between the study group and the comparison group and between the study group and the control group. We compared the distribution of genotype and alleles for rs12979860 between patients with recurrent HK and the control group. The homozygous (CC) genotype of rs12979860 was significantly more common in patients with HK.

Conclusion: We found an association between the homozygous CC genotype of IFNL4 (SNP rs12979860) with recurrent HK. The C allele could be viewed as a genetic marker of inherited predisposition to HK in individuals with a history of COVID-19.

Keywords: herpetic keratitis, COVID-19, gene polymorphism, IFNL4, cornea.

Вступ

Герпетичний кератит (ГК) залишається однією з основних причин зниження гостроти зору та є актуальною проблемою офтальмології, особливо у контексті пандемії COVID-19. Імунні порушення, спричинені вірусом SARS-CoV-2, можуть провокувати реактивацію латентних вірусних інфекцій, зокрема герпетичної [1, 2].

Однією з основних причин інфекційної сліпоти в розвинених країнах є герпетичний кератит (ГК), спричинений вірусом простого герпесу I типу (ВПГ-1) [3-6]. Якщо при первинному ГК найбільш частим ураженням рогівки є поверхневий кератит, то при рецидиві захворювання у 20–48% випадків розвивається стромальний ГК та ендотеліт [7]. Сьогодні стромальний ГК є однією з найчастіших форм рецидивуючої очної інфекції, яка асоціюється з найбільшою втратою зору [8].

Коронавірусна хвороба – інфекційне захворювання, що може супроводжуватися розвитком очних проявів, зокрема: кон'юнктивітом, переднім увеїтом, склероувеїтом, реактивацією хронічного переднього увеїту, вітритом, панувеїтом, крововиливом в сітківку, оклюзією артерій та вен сітківки, мультифокальним хоріоретинітом і центральною серозною хоріоретинопатією [9-13]. У дослідженні Wu et al. [14] встановлено, що понад 30% пацієнтів з COVID-19 мали очні прояви. Відомо, що COVID-19 може сприяти загостренню хронічних інфекційних захворювань, зокрема пов'язаних із герпесвірусами. Описано окремі випадки розвитку герпетичного кератиту під час активної

фази COVID-19, що, ймовірно, було зумовлено реактивацією вірусу простого герпесу [15].

Імунна система пацієнтів з тяжким перебігом COVID-19 характеризується імуносупресією, зниженням рівня Т-лімфоцитів та природних клітин-кілерів, а також синдромом «цитокинового шторму». Такий стан є доволі сприятливим для реактивації ВПГ-1. У роботі Majtanova et al. [3] описано п'ять клінічних випадків герпетичного кератиту у пацієнтів з підтвердженим COVID-19. Автори припускають, що інфекція SARS-CoV-2 може бути фактором ризику розвитку герпетичного кератиту або бути потенційним активатором цього захворювання.

Окрім зовнішніх чинників, значну роль у варіабельності клінічного перебігу інфекційних захворювань відіграють генетичні особливості пацієнта. Комплексне вивчення взаємозв'язку між клінічними проявами герпетичного кератиту, перенесеним COVID-19 та генетичними особливостями організму робить його актуальним у персоналізованому підході до діагностики, лікування та профілактики цього захворювання.

Інтерферони (IFNs) вважаються першою лінією захисту від патогенів, у тому числі респіраторних вірусів. Під час ініціації протівірусної імунної відповіді, IFNs відіграють важливу роль у пригніченні вірусної реплікації, належачи до системи вродженого імунітету, та водночас впливають на формування адаптивного імунітету [16, 17]. У цьому процесі беруть участь два основні типи IFN: тип I (IFN-I) та тип III (IFN-III), також відомий як IFN-λ (IFNL) [18].

Дослідження генетичного поліморфізму нуклеотидної послідовності гена, що кодує IFNL, надали докази того, що поліморфний варіант rs12979860 асоційований зі швидкістю кліренсу вірусу гепатиту С (HCV) та інших РНК-вірусів [19]. В наших попередніх дослідженнях, а також в дослідженнях інших авторів було встановлено, що цей поліморфний варіант асоційований із відповіддю на терапію пегільованим інтерфероном у пацієнтів з хронічним гепатитом С [20]. Griffiths et al. [21] також показали, що рівень експресії гена IFNL4, а також варіанти поліморфізму rs12979860 асоційовані з рецидивом та тяжкістю перебігу рецидивуючої інфекції, спричиненої вірусом простого герпесу 1-го типу (ВПГ-1). Водночас наявні дані свідчать, що rs12979860 не визначає сприйнятливості до інфікування, а передусім пов'язаний із швидкістю кліренсу вірусу та тяжкістю перебігу.

З огляду на це, ми припускаємо, що поліморфний варіант rs12979860 можна розглядати, як перспективний генетичний маркер спадкової схильності до різного ступеня тяжкості перебігу вірусного захворювання, і, зокрема, клінічного фенотипу у пацієнтів з ГК після перенесеного захворювання на COVID-19. Враховуючи існуючі на сьогодні дані, ми сконцентрували своє дослідження на вивченні асоціації між функціонально значущими варіантами поліморфізму нуклеотидної послідовності гена IFNL4 зі схильністю до розвитку герпетичного кератиту у осіб після перенесеного COVID-19.

Мета. Вивчити можливий зв'язок поліморфізмів C/T rs12979860 гена IFNL4 зі схильністю до розвитку герпетичного кератиту у осіб після перенесеного COVID-19.

Матеріал та методи дослідження

Всього проаналізовано 50 очей у загальній групі пацієнтів із ГК (n=50), що розвинувся після перенесеної COVID-19 інфекції. В групу обстеження входили: а) хворі з первинним ГК після перенесеного COVID-19 (n=16) та б) хворі з рецидивом ГК після перенесеного COVID-19 (n=34). Середній вік в обох групах склав 55 років (SD14,8). Для проведення даного дослідження було здійснено відбір зразків цільної крові у 50 пацієнтів, які знаходилися на стаціонарному лікуванні у відділі патології рогівки ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. В. П. Філатова НАМН України» після перенесеного COVID-19.

Критерії включення у дослідження: хворі з ГК, який розвинувся після перенесеного захворювання на COVID-19. Критерії виключення: наявність цукрового діабету, аутоімунних захворювань або станів, що супроводжуються імуносупресією.

Для підтвердження факту перенесення COVID-19 інфекції визначали рівні антитіл IgG до спайкового білку (S-RBD) коронавірусу SARS-CoV-2 (COVID-19) у венозній крові. Референтні значення становили: 40–

50 AU/ml – погранична «сіра» зона, >50 AU/ml – позитивний.

За ступенем тяжкості перебігу COVID-19 пацієнтів було поділено на дві групи: легкий перебіг (без пневмонії) та середньо-важкий перебіг (з пневмонією без реанімації) [22].

За клінічною формою ураження рогівки визначали епітеліальний деревоподібний ГК, стромальний не некротизуючий ГК та виразково-некротичний ГК (згідно до класифікації Liesegang, TJ, 1999) [23].

Для аналізу було використано дані генотипування групи порівняння (n=73), що включала жінок, які перенесли COVID-19 різного ступеня тяжкості та не мали проявів очних хвороб, взяті з проекту N 0120U104508. В якості контролю було використано дані генотипування осіб популяційної контрольної групи (n=100), які були отримані з бази даних лабораторії геноміки людини Інституту молекулярної біології та генетики НАН України. Ці групи включали здорових неспоріднених індивідів з різних регіонів України.

Таким чином, в дослідження було включено: групу обстеження, в яку увійшли пацієнти з герпетичним кератитом і в анамнезі мали перенесений COVID-19; групу порівняння та групу популяційного контролю.

Збір цільної крові для виділення ДНК з лейкоцитів периферійної крові з використанням ЕДТА (антикоагулянт) проводився з дотриманням основних правил біоетики. Письмова інформована згода на проведення даного дослідження була отримана від кожного пацієнта. Для забезпечення ідентифікації та збереження анонімності було введено номенклатуру зразків ДНК, що включало числовий код. Протокол дослідження був розглянутий і схвалений Комітетом з питань етики ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. В. П. Філатова НАМН України» (08.09.2025/№1).

Генотип пацієнта за поліморфізмом гена IFNL4 (rs12979860) визначався методом полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) у реальному часі з використанням флуоресцентно мічених зондів TaqMan [24]. Набір реагентів для генотипування rs12979860 виробництва «Thermo Fisher Scientific» (США). Принцип дії полягає у тому, що під час ампліфікації фермент Taq ДНК-полімераза, завдяки своїй 5'→3' нуклеазній активності, руйнує зонд, який зв'язався з комплементарною ділянкою ДНК, що спричиняє відокремлення репортерного флуорохрому (наприклад, FAM або VIC) від гасильного (TAMRA). Унаслідок цього зростає інтенсивність флуоресценції, яка прямо пропорційна кількості копій ампліфікованої ДНК і реєструється приладом у режимі реального часу. Для аналізу використовували два флуоресцентні барвники: FAM – специфічний для алеля Т, та VIC – для алеля С.

Статистична обробка результатів. Порівняння розподілу в досліджуваній і контрольній групах проводилося за допомогою критерія Фішера з використанням інтернет-ресурсу «OpenEpi». За допомогою цього ж

ресурсу було розраховано відношення шансів (Odds Ratio) з відповідними 95% довірчими інтервалами.

Результати

Визначення генотипів за поліморфізмом Т/С гена IFNL4 проводилось у хворих на герпетичний кератит (n=50) з первинним та рецидивуючим перебігом захворювання, які перенесли коронавірусне захворювання різного ступеня тяжкості. В результаті, за допомогою аналізу кривих ампліфікації, було отримано всі поліморфні варіанти за одонуклеотидним варіантом (rs12979860) Т/С гена IFNL4.

У реакційній суміші містяться праймери, що забезпечують специфічне копіювання ділянки гена IFNL4, та флуоресцентно мічені зонди TaqMan, кожен з яких розпізнає один із двох можливих варіантів нуклеоти-

ду – С або Т. На графіках інтенсивність флуоресценції (вісь Y) відображає кількість накопиченої ДНК, а вісь X – кількість циклів ампліфікації. Рис. 1 (гомозигота ТТ) – показує наростання сигналу лише у флуоресцентного барвника FAM, який специфічно зв'язується з алелем Т. Відсутність сигналу у барвнику VIC вказує на наявність двох однакових алелів Т. Рис. 2 (гетерозигота ТС) – відзначається одночасне зростання сигналів у двох барників (FAM та VIC), що свідчить про присутність обох варіантів – Т і С. Рис. 3 (гомозигота СС) – спостерігається флуоресценція виключно у каналі VIC, що відповідає алелю С. Різниця у формі кривих та моменті перетину порогового рівня флуоресценції дає можливість достовірно визначити генотип кожного зразка. Таким чином, за результатами аналізу кривих ампліфікації було отримано всі поліморфні варіанти

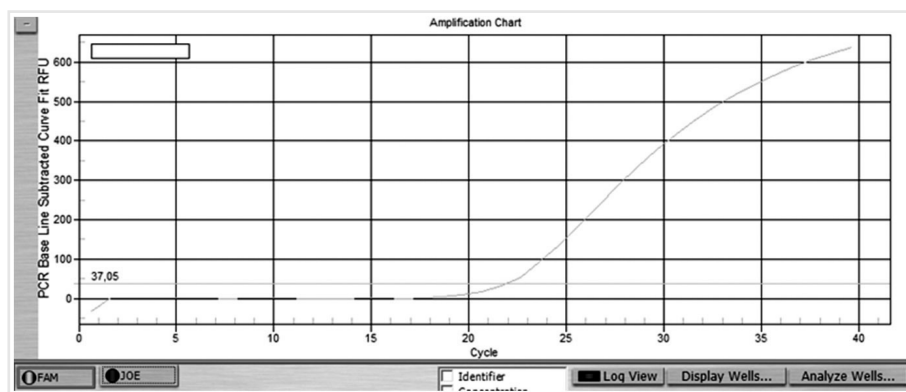


Рис. 1. Гомозигота ТТ. Залежність інтенсивності флуоресценції у зразку від кількості циклів ампліфікації ДНК

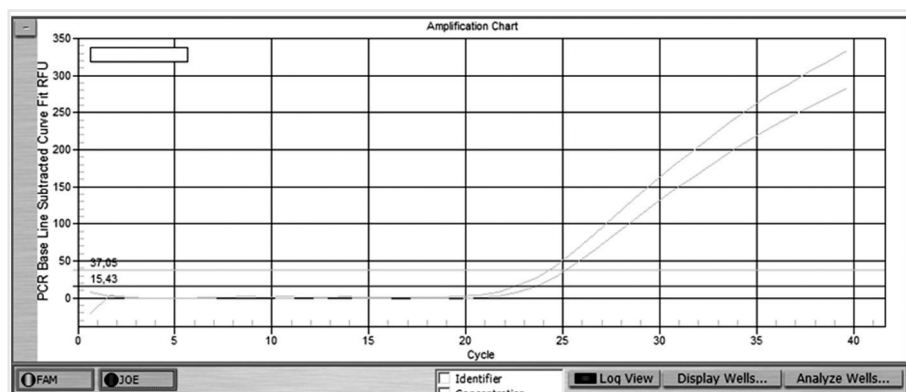


Рис. 2. Гетерозигота ТС. Залежність інтенсивності флуоресценції у зразку від кількості циклів ампліфікації ДНК

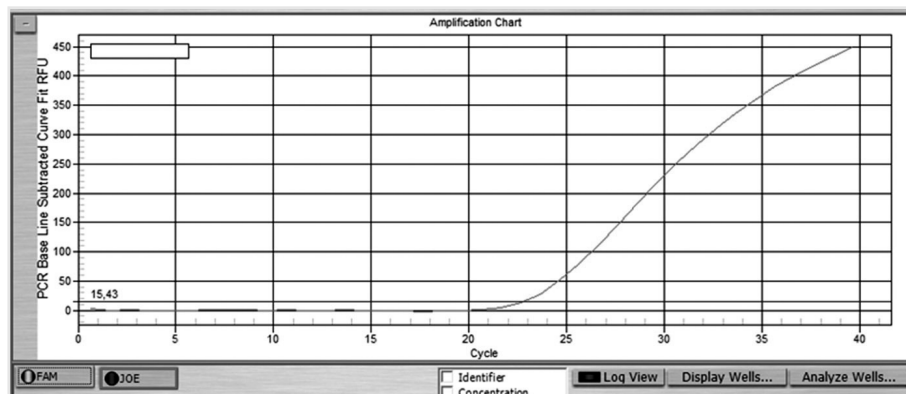


Рис. 3. Гомозигота СС. Залежність інтенсивності флуоресценції у зразку від кількості циклів ампліфікації ДНК

за одонуклеотидним варіантом T/C rs12979860 гена IFNL4 (CC, TC, TT).

Проведено аналіз як загальної групи пацієнтів з герпетичним кератитом, так і підгруп – із первинним та рецидивуючим типом ГК. Усі порівняння здійснювалися з контрольною популяційною групою. Результати розподілу генотипів та частоти алелів в досліджуваних та контрольній групі показані в таблиці 1.

В результаті порівняльного аналізу розподілу генотипів та поліморфних варіантів між групою обстеження (n=50) та контрольною (n=100) групою за критерієм Фішера було отримано статистично значущу відмінність ($p = 0,0119 < 0,05$) між даними групами. Частота гомозиготного генотипу CC була вірогідно вищою у групі пацієнтів з ГК. При дослідженні відношення шансів для генотипу CC було отримано такі значення: OR = 2,432, при ДІ 95% (1,213–4,957). До того ж, було встановлено статистично значущу різницю ($p = 0,03078$) розподілу генотипу CC між групою

пацієнтів з рецидивуючим ГК (n=34) та популяційним контролем (n=100). Дослідження відношення шансів показало такі результати: OR = 2,423 при ДІ 95% (1,09–5,387).

Також нами було проведено порівняльний аналіз розподілу генотипів та алелів поліморфних варіантів T/C гена IFNL4 між групою обстеження та групою порівняння, що складалася з дорослих жінок, що хворіли на коронавірусну хворобу, але не мали в анамнезі ГК. Результати розподілу генотипів та поліморфних варіантів T/C гена IFNL4 між групою обстеження та групою порівняння представлено у таблиці 2.

Проведений аналіз за критерієм Фішера показав статистично значущу відмінність ($p = 0,007 < 0,05$) між представленими групами. Частота генотипу CC у групі пацієнтів, хворих на ГК, виявилася вищою порівняно з групою порівняння, що є схожим результатом при попередньому порівнянні групи обстеження та популяції.

Таблиця 1. Розподіл генотипів та поліморфних варіантів T/C гена IFNL4 у групі обстеження (1) у пацієнтів з первинним (2) та рецидивуючим (3) герпетичним кератитом та у контрольній популяційній групі

Локус IFNL4, rs12979860, генотипи	Група обстеження, n=50	Первинний герпетичний кератит, n=16	Рецидивуючий герпетичний кератит, n=34	Контрольна група, n=100	P-value	OR (95% CI)
	1	2	3	4		
Генотипи (%)						
ТТ	8,0%	0	12,0%	9,0%	P>0,05	-
ТС	30,0%	37,0%	26,0%	51,0%	P>0,05	-
СС	62,0%	63,0%	62,0%	40,0%	P ₁₋₄ =0.0119	2,432 (1,213 – 4,957)
					P ₃₋₄ =0.03078	2,423 (1,09 - 5,387)
Алелі (%)						
Т	23,0%	81,3%	75,0%	34,0%	P>0,05	-
С	77,0%	18,7%	25,0%	66,0%	P>0,05	-

Таблиця 2. Розподіл генотипів та поліморфних варіантів T/C гена IFNL4 у групі пацієнтів з герпетичним кератитом та у групі порівняння

Локус IFNL4, rs12979860, генотипи	Група порівняння*, n=73	Група обстеження, n=50	P-value	OR (95% CI)
Генотипи, n(%)				
TT	18,0%	8,0%	P>0,05	-
TC	45,0%	30,0%	P>0,05	-
CC	37,0%	62,0%	0.007	2.756 (1.314 – 5.887)
Алелі				
T	40,0%	23,0%	P>0,05	-
C	60,0%	77,0%	P>0,05	-

* Група пацієнтів із перенесеним COVID-19 без ознак герпетичного кератиту

Таблиця 3. Розподіл генотипів та поліморфних варіантів T/C гена *IFNL4* за тяжкістю перебігу COVID-19 в групі пацієнтів хворих на герпетичний кератит та в групі порівняння

Локус <i>IFNL4</i> , rs12979860	Група обстеження з герпетичним кератитом, n=50		Група порівняння*, n=73		P-value	OR (95% CI)
	1	2	3	4		
	Легкі n=32	Середньо-важкі n=18	Легкі n=63	Середньо-важкі n=10		
Генотипи, n (%)						
TT	9,0%	5,0%	21,0%	0	P>0,05	-
TC	31,0%	28,0%	46,0%	40,0%	P>0,05	-
CC	60,0%	67,0%	33,0%	60,0%	$P_{1-3}=0.01772$	2,923 (1,214 – 7,038)
Алелі						
T	25,0%	19,4%	43,7%	20,0%	P>0,05	-
C	75,0%	80,6%	56,3%	80,0%	P>0,05	-

ляційної контрольної групи. Дослідження відношення шансів показало OR = 2,756 при ДІ 95% (1,314–5,887).

Групу обстеження та групу порівняння було розподілено залежно від ступеня тяжкості перебігу COVID-19: легкий та середньо-важкий. Результати розподілу генотипів та поліморфних варіантів T/C гена *IFNL4* у цих групах показано у таблиці 3.

В результаті порівняння груп за критерієм Фішера було отримано статистично значущу відмінність ($p = 0,01772 < 0,05$) у розподілі генотипу CC між пацієнтами з легким перебігом хвороби COVID-19, що мали в анамнезі ГК, та групою порівняння без ознак очних захворювань. Частота генотипу CC була більш поширеною серед пацієнтів з групи ГК з легким перебігом хвороби COVID-19 у порівнянні з індивідами з групи порівняння, що мали легкий перебіг хвороби COVID-19. Відношення шансів для індивідів з обох груп становило OR=2,923 при ДІ 95% (1,214–7,038).

Обговорення

Механізми, якими COVID-19 здатен провокувати реактивацію ВПГ-1, наразі до кінця не з'ясовані, проте висувуються кілька гіпотез. Відомо, що у пацієнтів з важкою коронавірусною хворобою спостерігається зниження кількості CD4+ і CD8+ Т-лімфоцитів, натуральних кілерів. У пацієнтів з тяжкою формою інфекції COVID-19 спостерігається порушений імунітет, що характеризується зниженням кількості CD4+ та CD8+ Т-клітин; реактивація або коінфекція з іншими вірусами добре задокументовані серед пацієнтів з COVID-19 [25].

В попередніх дослідженнях було встановлено, що перенесене інфікування вірусом SARS-CoV-2 пов'язане з порушенням імунної відповіді, і може сприяти активації латентних вірусів, зокрема герпесу [26, 27].

Індивідуальна сприйнятливості до вірусів значною мірою визначається генетичними чинниками. Відомо, що один і той самий вірус у різних людей може викликати широкий спектр проявів – від безсимптомного носійства до важких уражень. Дослідження свідчать, що така різниця зумовлена генетичною варіабельністю людини: алельні варіанти генів, які контролюють синтез білків імунної системи, можуть підвищувати або знижувати схильність до тяжкості перебігу інфекції [26].

Імунна реакція організму людини на інфекцію SARS-CoV-2 включає вроджені та адаптивні реакції. Внутрішньоклітинний каскадний сигнал призводить до вироблення численних прозапальних цитокінів, таких як фактор некрозу пухлини (TNF), інтерлейкін 1 (IL-1) та 6 (IL-6) та інтерферони (IFN). Інтерферони зазвичай захищають хазяїна від реплікації вірусу, індуючи апоптоз інфікованих клітин [28].

Дослідження генетичних чинників спадкової схильності до інфікування та чутливості різних клітин до ураження вірусом SARS-CoV-2 відкриває перспективи визначення генетичних маркерів прогнозу перебігу захворювання та фундаментальної бази для персоналізованої терапії захворювання на COVID-19 [29].

Основними генами, які вивчаються, є ген рецептору входу вірусу у клітину ACE2; ген, що разом з ACE2 входить до ренін-ангіотензинової системи – ACE1; а також гени системи груп крові людини AB0 [29, 30]. В наших попередніх дослідженнях rs4646994 гена ACE1 було встановлено, що носійство алеля I може розглядатися як потенційний фактор ризику тяжкого перебігу коронавірусної хвороби. Попередні дослідження показали, що носії алеля I, зокрема з генотипом II, мають на 20–30% нижчу експресію гена ACE1 у порівнянні з носіями генотипів ID та DD [32]. У той же час, рівень білка ACE2 підвищений в епітелії легень у гомозигот I/I за геном ACE1 [33].

Декілька епігенетичних явищ пов'язують із інфекцією SARS-CoV-2, включаючи епігенетичну регуляцію ACE2 та IL6. Саме зміна експресії IL6 асоційована з розвитком тяжких симптомів COVID-19 через надмірне запалення [34]. Важливими генетичними чинниками регуляції експресії генів імунної системи та функціонування ендотелію, і зокрема ренін-ангіотензинової системи, є Toll-like receptors і, серед іншого, TLR4, а також рецептор вітаміну D [35].

Слід зазначити, що при дослідженні сітківки ока у хворих з різним клінічним перебігом COVID-19 також була виявлена асоціація клінічно значущих змін сітківки з генотипами інсерційно-делеційного поліморфізму гена ACE1 [36].

В наших дослідженнях, проведених серед дітей, які хворіли на COVID-19, було встановлено, що алель C rs12979860 гена IFNL частіше зустрічався у дітей з рекурентними (0,71) захворюваннями порівняно з епізодично хворіючими (0,29) ($p < 0,05$ OR 3,2; CI 1,52–6,71) [37]. Тобто, алель C можна розглядати як алель ризику більш частого ураження вірусними інфекціями, що може бути пов'язано зі стимуляцією інтерферон-індукованих генів і підвищеною продукцією прозапальних цитокінів [38]. Наразі за результатами нашого дослідження встановлено, що алель C може виступати генетичним маркером ризику розвитку пневмонії у пацієнтів дитячого віку з COVID-19 [37].

Нами також було проведено порівняльний аналіз розподілу генотипів та поліморфних варіантів T/C гена IFNL4 між досліджуваною групою та групою порівняння, що складалася з дорослих осіб, що хворіли на коронавірусну хворобу, але не мали в анамнезі ГК.

Отримані дані свідчать про наявність статистично значущої асоціації між поліморфізмом T/C rs12979860 гена IFNL4 та схильністю до розвитку герпетичного кератиту у пацієнтів. Було встановлено, що гомозиготний генотип CC достовірно частіше спостерігається у пацієнтів з герпетичним кератитом, у порівнянні як з популяційним контролем, так і з пацієнтами, які перенесли COVID-19, але не мали супутніх очних інфекційних захворювань.

Найвищу частоту генотипу CC було виявлено у підгрупі з рецидивуючим герпетичним кератитом, що може вказувати на роль цього поліморфного варіанта як потенційного генетичного маркера схильності до повторного перебігу захворювання.

Подібні результати були отримані також в дослідженні Borivoje et al. (2019) [39], де вивчали потенційний зв'язок між генотипом пацієнта IFNL4 та рецидивуючим ГК. Було встановлено статистично вірогідну асоціацію ($p < 0,01$) між розвитком рецидивуючого ГК та носійством алеля C rs12979860 як для гомозигот CC так і для гетерозигот CT. Отримані в даному дослідженні результати узгоджуються з результатами наших досліджень, проведених для пацієнтів дитячого віку, що хворіли на COVID-19 де було встановлено, що алель C (rs12979860) частіше зустрічається у дітей

з рекурентними респіраторними захворюваннями, а також переважав у групі дітей з пневмонією, що розвинулася внаслідок COVID-19 [37].

Підсумовуючи вищезазначені результати, отримані в рамках даного дослідження, можна зробити наступний висновок: встановлено асоціацію гомозиготного генотипу CC (rs12979860) гена IFNL4 з розвитком рецидивуючого герпетичного кератиту. Алель C можна розглядати в якості генетичного маркера спадкової схильності щодо ризику розвитку герпетичного кератиту у осіб, що перенесли COVID-19.

Авторський внесок

Дрожина Г. І. – концепція дослідження, аналіз та інтерпретація результатів, рецензування та редагування; Середя К. В. – концептуалізація; написання – дизайн; формальний аналіз, підготовка рукопису; Лівшиць Л. А. – загальний дизайн дослідження, проведення статистичного аналізу, упорядкування та написання основного тексту публікації; Городна О. В. – аналіз досліджуваної групи пацієнтів з ГК, проведення статистичного аналізу, написання основного тексту публікації; Нечипоренко М. В. – підготовка препаратів геномної ДНК та генотипування пацієнтів з групи порівняння, аналіз джерел наукових публікацій за тематикою. Усі автори прочитали і схвалили остаточну версію рукопису.

Фінансування

Стаття є частиною науково-дослідної роботи за темою «Частота, особливості патогенезу та клінічного перебігу, лікування первинного та рецидивуючого герпетичного кератиту, що розвинувся після перенесеного захворювання COVID-19», реєстраційний номер №0123U101535.

Конфлікти інтересів

Автори заявляють, що вони не мають конфлікту інтересів, який міг би вплинути на їхню думку щодо предмета або матеріалів, описаних і обговорених у цьому рукописі.

Відмова від відповідальності

Погляди, висловлені в поданій статті, є власними, а не офіційною позицією установи або спонсора.

Етичне схвалення досліджень за участю людей

Схвалено Комітетом з питань етики ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. В. П. Філатова НАМН України» (08.09.2025/№1).

Інформована згода

Інформована згода була отримана від усіх індивідуальних учасників, включених у дослідження.

Заява про доступність даних

Всі дані, отримані або проаналізовані під час цього дослідження, включені в цю опубліковану статтю.

Скорочення

ГК – герпетичний кератит; ВПГ – вірус простого герпеса; IFNs – інтерферони; ПЛР – полімеразна ланцюгова реакція; FAM – Fluorescein Amidite (флуоресцентний барвник); VIC – несиметричний ксантоновий барвник; TAMRA – тетраметілпродамін (ксантоновий барвник).

Література

1. Das N, Das J, Pal D. Stromal and endothelial herpes simplex virus keratitis reactivation in the convalescent period of COVID-19. A case report. *Indian J Ophthalmol*. 2022 Mar 22;70(4):1410–1412. doi: 10.4103/ijo.IJO_2838_21.
2. Maldonado MD, Romero-Aibar J, Pérez-San-Gregorio M A. COVID-19 pandemic as a risk factor for the reactivation of herpes viruses. *Epidemiol Infect*. 2021 Jun 16;149:e145. doi: 10.1017/S0950268821001333.
3. Majtanova N, Kriskova P, Keri P. et al. Herpes Simplex Keratitis in Patients with SARS-CoV-2 Infection: A Series of Five Cases. *Medicina (Kaunas)*. 2021 Apr 24;57(5):412. doi: 10.3390/medicina57050412.
4. St. Leger AJ, Rowe AM, Jeon S. et al. Herpes keratitis. *Prog Retin Eye Res*. 2013 Jan;32:88–101. doi: 10.1016/j.preteyeres.2012.08.002.
5. Olsson J, Kok E, Adolfsson R. et al. Herpes virus seroepidemiology in the adult Swedish population. *Immun Ageing*. 2017 May 10;14:10. doi: 10.1186/s12979-017-0093-4. eCollection 2017.
6. White ML, Chodosh J. Herpes Simplex Virus Keratitis: A Treatment Guideline. *American Academy of Ophthalmology. Clinical Statements*. 2014.
7. Remeijer L, Osterhaus A, Verjans G. Human herpes simplex virus keratitis: the pathogenesis revisited. *Ocul Immunol Inflamm*. 2004 Dec;12(4):255–85. doi: 10.1080/092739490500363.
8. Lobo AM, Agelidis AM, Shukla D. Pathogenesis of herpes simplex keratitis. *Ocul Surf*. 2019 Jan;17(1):40–49. doi: 10.1016/j.jtos.2018.10.002. Epub 2018 Oct 11.
9. Sanjay S, Srinivasan P, Jayadev C. et al. Post COVID-19 Ophthalmic Manifestations. *Ocul Immunol Inflamm*. 2021 May 19;29(4):656–661.
10. Sanjay S, Singh YP, Roy D, Mahendradas P, Kawali A, Shetty R. Recurrent bilateral idiopathic anterior uveitis with vitritis post Coronavirus Disease 2019 infection. *Indian J Rheumatol* 2021;16:460–3.
11. Sanjay S, Mutalik D, Gowda S, Mahendradas P, Kawali A, Shetty R. Post Coronavirus Disease (COVID-19) Reactivation of a Quiescent Unilateral Anterior Uveitis. *SN Compr Clin Med*. 2021;3(9):1843–1847. doi: 10.1007/s42399-021-00985-2.
12. Sanjay S, Gowda PB, Rao B, Mutalik D, Mahendradas P, Kawali A, et al. Old wine in a new bottle – post COVID-19 infection, central serous chorioretinopathy and the steroids. *J Ophthalmic Inflamm Infect*. 2021;11:14. doi: 10.1186/s12348-021-00244-4.
13. Mahendradas P, Hande P, Patil A, Kawali A, Sanjay S, Ahmed SA, et al. Bilateral Post Fever Retinitis With Retinal Vascular Occlusions Following Severe Acute Respiratory Syndrome Corona Virus (SARS-CoV2) Infection. *Ocul Immunol Inflamm*. 2022 Oct-Nov;30(7-8):1715–1720. doi: 10.1080/09273948.2021.1936564.
14. Wu P, Duan F, Luo C, Liu Q, Qu X, Liang L, Wu K. Characteristics of Ocular Findings of Patients With Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in Hubei Province, China. *JAMA Ophthalmol*. 2020 May 1;138(5):575–578. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2020.1291.
15. Soltani S, Sadrkhanloo M, Siri G, Zakeri A M, Emadi M S, et al. HSV-1 Infection Among COVID-19 Cases with Ocular and Neurological Manifestations. *Jundishapur J Microbiol*. 2023; 16(1): e135251. <https://doi.org/10.5812/jjm-135251>.
16. Schultze JL, Aschenbrenner AC. COVID-19 and the human innate immune system. *Cell*. 2021 Apr 1;184(7):1671–1692. doi: 10.1016/j.cell.2021.02.029.
17. Kotenko SV, Gallagher G, Baurin VV, Lewis-Antes A, Shen M, Shah NK, Langer JA, Sheikh F, Dickensheets H, Donnelly RP. IFN-lambdas mediate antiviral protection through a distinct class II cytokine receptor complex. *Nat Immunol*. 2003 Jan;4(1):69–77. doi: 10.1038/ni875.
18. Chronopoulou S, Tsochantaridis I. Interferon Lambda: The Next Frontier in Antiviral Therapy? *Pharmaceuticals (Basel)*. 2025 May 24;18(6):785. doi: 10.3390/ph18060785.
19. Rugwizangoga B, Andersson ME, Kabayiza JC, Nilsson MS, Ármannsdóttir B, Aurelius J, Nilsson S, Hellstrand K, Lindh M, Martner A. IFNL4 Genotypes Predict Clearance of RNA Viruses in Rwandan Children With Upper Respiratory Tract Infections. *Front Cell Infect Microbiol*. 2019 Oct 4;9:340. doi: 10.3389/fcimb.2019.00340.
20. Thomas DL, Thio CL, Martin MP, Qi Y, Ge D, O'Huigin C, et al. Genetic variation in IL28B and spontaneous clearance of hepatitis C virus. *Nature*. 2009 Oct 8;461(7265):798–801. doi: 10.1038/nature08463.
21. Griffiths SJ, Koegl M, Boutell C, Zenner HL, Crump CM, Pica F, et al. A systematic analysis of host factors reveals a Med23-interferon- λ regulatory axis against herpes simplex virus type 1 replication. *PLoS Pathog*. 2013;9(8):e1003514. doi: 10.1371/journal.ppat.1003514.
22. Дрожжина ГІ, Середа КВ, Храменко НІ. Особливості перебігу герпетичного кератиту після COVID-19. *Офтальмол. журн*. 2024; 6: 3–9. doi.org/10.31288/oftalmolzh2024639
23. Liesegang TJ. Classification of herpes simplex virus keratitis and anterior uveitis. *Cornea*. 1999 Mar;18(2):127–43. doi: 10.1097/00003226-199903000-00001.
24. Gibson UE, Heid CA, Williams PM. A novel method for real time quantitative RT-PCR. *Genome Res*. 1996 Oct;6(10):995–1001. doi: 10.1101/gr.6.10.995.
25. Kim JYH, Ragusa M, Tortosa F, Torres A, Gresh L, Méndez-Rico JA, et al. Viral reactivations and co-infections in COVID-19 patients: a systematic review. *BMC Infect Dis*. 2023 Apr 26;23(1):259. doi: 10.1186/s12879-023-08117-y.
26. Franceschini E, Cozzi-Lepri A, Santoro A, Bacca E, Lancelotti G, et al. Herpes Simplex Virus Re-Activation in Patients with SARS-CoV-2 Pneumonia: A Prospective, Observational Study. *Microorganisms*. 2021 Sep 7;9(9):1896. doi: 10.3390/microorganisms9091896.
27. Majtanova N, Kriskova P, Keri P, Fellner Z, Majtan J, Kolar P. Herpes Simplex Keratitis in Patients with SARS-CoV-2 Infection: A Series of Five Cases. *Medicina (Kaunas)*. 2021 Apr 24;57(5):412. doi: 10.3390/medicina57050412.
28. Li H, Zhang J, Kumar A, Zheng M, Atherton SS, Yu FS. Herpes simplex virus 1 infection induces the expression of proinflammatory cytokines, interferons and TLR7 in human corneal epithelial cells. *Immunology*. 2006 Feb;117(2):167–76. doi: 10.1111/j.1365-2567.2005.02275.x.
29. Enguita-Germán M, Librero J, Leache L, Gutiérrez-Valencia M, Tamayo I, Jericó C, et al. Role of the AB0 blood group in COVID-19 infection and complications: A population-based study. *Transfus Apher Sci*. 2022 Jun;61(3):103357. doi: 10.1016/j.transci.2022.103357.
30. Sienko J, Marczak I, Kotowski M, Bogacz A, Tejchman K, Sienko M, et al. Association of ACE2 Gene Variants with the Severity of COVID-19 Disease-A Prospective Obser-

30. vational Study. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Oct 2;19(19):12622. doi: 10.3390/ijerph191912622.
31. Harashchenko TA, Umanets TR, Gorodna OV, Krasnienkov DS, Antypkin YuG, Livshits LA. Association of the rs4646994 Polymorphism in the ACE1 Gene with the Severity of COVID-19 in Children from Ukraine. *Cytology and Genetics*. 2025; 59(1): 47–53. doi: 10.3103/S0095452725010037.
32. Boraey NF, Bebars MA, Wahba AA, Abd El Lateef HM, Attia MA, Elsayed AH, et al. Association of ACE1 I/D polymorphism and susceptibility to COVID-19 in Egyptian children and adolescents. *Pediatr Res*. 2024 Oct;96(5):1347-1354. doi: 10.1038/s41390-023-02982-8.
33. Zheng H, Cao JJ. Angiotensin-Converting Enzyme Gene Polymorphism and Severe Lung Injury in Patients with Coronavirus Disease 2019. *Am J Pathol*. 2020 Oct;190(10):2013-2017. doi: 10.1016/j.ajpath.2020.07.009.
34. Bradic M, Taleb S, Thomas B, Chidiac O, Robay A, Hassan N, et al. DNA methylation predicts the outcome of COVID-19 patients with acute respiratory distress syndrome. *J Transl Med*. 2022 Nov 12;20(1):526. doi: 10.1186/s12967-022-03737-5.
35. Bannerjee A, Ganguli U, Daha S, et al. Vitamin D and immuno-pathology of COVID-19: many interactions but uncertain therapeutic benefits. *Expert Rev Anti Infect Ther*. 2021 Apr 1:1–14. doi:10.1080/14787210.2021.1905519.
36. Гуцалюк К. М. Структура та частота ретинальних змін у пацієнтів з COVID-19 : дис. д-ра філософії : 222 Медицина. Одеса, 2025. Phttps://filatovinstitut.org.ua
37. Harashchenko TA, Umanets TR, Kaminska TM, Gorodna OV, Krasnienkov DS, Antypkin YuG, et al. Distribution of IFNL genotypes in children with COVID-19. *Cytology and Genetics*. 2023; 57(6): 579–586, doi.org/https://doi.org/10.3103/S0095452723060038.
38. Sorrentino L, Silvestri V, Oliveto G, Scordio M, Frasca F, Fracella M, et al. Distribution of Interferon Lambda 4 Single Nucleotide Polymorphism rs11322783 Genotypes in Patients with COVID-19. *Microorganisms*. 2022 Feb 4;10(2):363. doi: 10.3390/microorganisms10020363.
39. Borivoje S, Svetlana S, Milan HM, Nela Đ, Olivera MD, Filip M, et al. IL28B Genetic Variations in Patients with Recurrent Herpes Simplex Keratitis. *Medicina (Kaunas)*. 2019 Sep 26;55(10):642. doi: 10.3390/medicina55100642.

УДК 617.713-007.64-07-089

Comparative Outcomes and Indications of Phakic Implantable Collamer Lens (ICL) Exchange or Explantation in Keratoconus versus Non-Ectatic Eyes at a Tertiary Eye Hospital in Iraq

Imad Hussein Sachit¹, Muataz Hasan Jaaz¹, Ammar Adil Fahad²

¹ Department of Surgery, College of Medicine, University of Thi-Qar, Thi-Qar (Iraq)

² Department of Optics, College of Health and Medical Technology, Al-Ayen University, Thi-Qar (Iraq)

Порівняльні результати та показання до заміни або видалення факічної імплантованої коламерної лінзи (ICL) при кератоконусі та на неектатичних очах в офтальмологічній лікарні третього рівня в Іраку

Імад Хусейн Сачіт¹, Муатаз Хасан Джааз¹, Аммар Аділь Фахад²

¹ Кафедра хірургії, Медичний коледж, Університет Ті-Кар, Ті-Кар (Ірак)

² Кафедра оптики, Коледж охорони здоров'я та медичних технологій, Університет Аль-Айен, Ті-Кар (Ірак)

Abstract

Objective. This study aimed to compare the indications, timing, and clinical outcomes of phakic implantable collamer lens (ICL) exchange or explantation between eyes with keratoconus and eyes without keratoconus or other corneal ectasia (non-ectatic eyes), and to evaluate factors associated with the need for secondary ICL intervention, at a tertiary eye hospital in Iraq.

Methods. This retrospective record review included ICL (V4b) procedures performed between January 2022 and January 2024. Among 200 implanted eyes, 25 eyes (12.5%) underwent secondary surgery and were included for group comparison: keratoconus group (n=10) and non-ectatic group (n=15). Clinical data included visual acuity, refraction, intraocular pressure, endothelial cell density, corneal parameters,

and vault. Comparative analyses were performed between groups, with $p < 0.05$ considered statistically significant.

Results. In the keratoconus group, ICL exchange occurred in 5/10 (50.0%) and explantation in 5/10 (50.0%); in the non-ectatic group, exchange occurred in 8/15 (53.3%) and explantation in 7/15 (46.7%). The primary indications for exchange/explantation differed between groups. In keratoconus eyes, indications were vault-related issues (7/10; 70.0%), residual refractive concerns (2/10; 20.0%), and patient dissatisfaction (1/10; 10.0%). In non-ectatic eyes, indications were vault-related issues (9/15; 60.0%), cataract (2/15; 13.3%), elevated intraocular pressure (2/15; 13.3%), refractive concerns (1/15; 6.7%), and patient dissatisfaction (1/15; 6.7%).

Conclusion. ICL exchange or explantation occurred in 12.5% of implanted eyes in this cohort. Vault-related indications were the most common reason for secondary intervention in both groups, while cataract and elevated intraocular pressure were observed only in the non-ectatic group. These findings support careful sizing/vault assessment and structured follow-up in eyes undergoing ICL implantation.

Keywords: ICL exchange, lens removal, implantable collamer lens, keratoconus, cornea

DOI: <https://doi.org/10.31288/UJO202611420>

UDC: 617.7

Corresponding author: Muataz Hasan Jaaz.

E-mail address - m31947683@gmail.com

Received 2025-10-30

Accepted 2026-01-27

Cite this article as: Imad Hussein Sachit, Muataz Hasan Jaaz, Ammar Adil Fahad. Comparative Outcomes and Indications of Phakic Implantable Collamer Lens (ICL) Exchange or Explantation in Keratoconus versus Non-Ectatic Eyes at a Tertiary Eye Hospital in Iraq. Ukrainian Journal of Ophthalmology. 2026;1:14-20.



This is an open access article under the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license

© Imad Hussein Sachit, Muataz Hasan Jaaz, Ammar Adil Fahad, 2026

Резюме

Метою даного дослідження було порівняння показань, термінів і клінічних результатів заміни або експлантації факічних імплантованих коламерних лінз (ІКЛ) у пацієнтів з кератоконусом і пацієнтів без кератоконуса або інших форм ектазії рогівки (неектатичні очі), а також а

також оцінити фактори, пов'язані з необхідністю вторинного втручання відносно ІКЛ, у офтальмологічній лікарні третього рівня в Іраку.

Методи. Даний ретроспективний аналіз медичних записів включав процедури імплантації ІКЛ (V4b), виконані в період з січня 2022 року по січень 2024 року. Серед 200 очей з імплантованою ІКЛ 25 очей (12,5%) перенесли вторинну операцію та були включені в групи порівняння: група з кератоконусом ($n=10$) та група без ектатичних дефектів ($n=15$). Клінічні дані включали гостроту зору, рефракцію, внутрішньоочний тиск, щільність ендотеліальних клітин, параметри рогівки та склепіння ока. Порівняльний аналіз проводився між групами, при цьому $p < 0,05$ вважалося статистично значущим.

Результати. У групі пацієнтів з кератоконусом заміна ІКЛ відбулася у 5/10 (50,0%) випадків, а експлантація – у 5/10 (50,0%) випадків; У групі без ектатичних змін заміна відбулася у 8/15 (53,3%), а видалення – у 7/15 (46,7%) випадків. Основні показання для заміни/експлантації відрізнялися між групами. У очах з кератоконусом показан-

нями були проблеми, пов'язані зі склепінням (7/10; 70,0%), залишкові рефракційні проблеми (2/10; 20,0%) та невдоволення пацієнтів (1/10; 10,0%). У випадках відсутності ектізії показаннями були проблеми, пов'язані зі склепінням (9/15; 60,0%), катаракта (2/15; 13,3%), підвищений внутрішньоочний тиск (2/15; 13,3%), рефракційні проблеми (1/15; 6,7%) та невдоволення пацієнтів (1/15; 6,7%).

Висновок. Заміна або видалення імплантованої коламерної лінзи відбулося у 12,5% очей у цій когорті. Показання, пов'язані зі склепінням ока, були найпоширенішою причиною вторинного втручання в обох групах, тоді як катаракта та підвищений внутрішньоочний тиск спостерігалися лише в неектатичній групі. Ці дані підтверджують необхідність ретельної оцінки розміру/склепіння ока та структуроване спостереження за пацієнтами, яким здійснюється імплантація ІКЛ.

Ключові слова: заміна імплантованих коламерних лінз, видалення кришталика, імплантована коламерна лінза, кератоконус, рогівка

Introduction

The implantable collamer lens (ICL), a type of posterior chamber phakic intraocular lens, has become a widely used option in refractive surgery for correcting myopia, hyperopia, and astigmatism [1]. Despite its strong track record for safety and effectiveness, complications can occasionally occur. These include low-grade inflammation or the formation of anterior subcapsular cataracts, often linked to surgical factors such as laser energy exposure or accidental contact with instruments [2]. Among the leading reasons for ICL removal or replacement, incorrect vault size remains the most common, with cataract formation following closely behind [2].

In patients with keratoconus (KC) – a complex, progressive corneal thinning disorder that typically emerges in the second or third decade of life – ICL implantation has proven to be a valuable treatment option. It can notably enhance both visual acuity and overall quality of life [3]. Among the available approaches, toric ICLs have shown promising results in correcting refractive errors in KC patients, offering strong outcomes in terms of safety, effectiveness, and long-term stability. Importantly, these procedures have not been associated with disease progression in the late postoperative period, reinforcing the role of ICLs as a viable and stable surgical option for managing vision in keratoconic eyes [4-6].

Recent developments in implantable collamer lens (ICL) technology – especially when combined with corneal cross-linking (CXL) – have led to better outcomes for patients needing both refractive correction and corneal stabilization. Xiao Zhang et al. (2016) showed that implanting a toric phakic ICL after riboflavin/UVA CXL offered reliable vision correction and long-term visual stability in patients with keratectasia [7]. In a broader review, Angela Y. Zhu et al. (2019) evaluated several treatment protocols that combined CXL with refractive procedures,

finding that these methods not only halted the progression of keratoconus but also led to meaningful gains in visual function [8].

This study aimed to compare the indications, timing, and clinical outcomes of phakic implantable collamer lens (ICL) exchange or explantation between eyes with keratoconus and eyes without keratoconus or other corneal ectasia (non-ectatic eyes), and to evaluate factors associated with the need for secondary ICL intervention.

Patients and methods

Study Design. This investigation employed a retrospective review of patient records to evaluate the clinical outcomes associated with the exchange or removal of phakic implantable collamer lenses (ICLs) performed at a tertiary eye care center in Iraq. The review encompassed procedures conducted from January 2022 to January 2024, with data extracted from a hospital-wide electronic medical records system.

Study Setting. The study was situated in a high-volume, specialized ophthalmology hospital in Iraq, which provides advanced anterior and posterior segment surgical services, including refractive procedures involving ICL implantation. Meanwhile all the surgeries were done by single surgeon.

Study Population and Participant Selection. During the study timeframe, a total of 200 eyes received ICL implants (model V4b). Among these, 25 eyes (12.5%) underwent subsequent surgical intervention, either through lens exchange ($n = 13$) or explantation ($n = 12$). All cases involving such interventions were included in the study cohort.

Participants were stratified into two diagnostic subgroups: Keratoconus (KC) group – 10 eyes diagnosed with keratoconus; Non-KC group – 15 eyes without keratoco-

nus or other corneal ectasia (non-ectatic eyes), confirmed by preoperative corneal topography/tomography and absence of clinical ectasia signs.

Inclusion Criteria. Individuals who underwent ICL exchange or removal within the defined period (January 2022–January 2024). Availability of comprehensive preoperative and postoperative data.

Exclusion Criteria. Incomplete medical documentation. Absence from postoperative follow-up appointments.

Data Acquisition. Patient data were meticulously retrieved from the hospital's electronic health record system. Variables collected included:

Demographics: Age, sex, and laterality (left/right eye).

Surgical details: Date and indication for intervention.

Ophthalmic assessments: Uncorrected and best-corrected visual acuity (Snellen chart).

Subjective and cycloplegic refractive error measurements.

Intraocular pressure (IOP).

Endothelial cell density.

White-to-white corneal diameter (WTW).

Vault height (ideal range defined as 250–750 μm).

ICL sizing data. (ICL sizing protocol: ICL size selection was performed using a standardized institutional protocol based on white-to-white (WTW) and anterior chamber depth (ACD). When available or when sizing was borderline, sulcus-to-sulcus (STS) measurements were obtained using [UBM/AS-OCT] to support final sizing decisions. Final lens size was selected according to the manufacturer's nomogram for ICL V4b and recorded in the electronic medical record.

Corneal curvature values (K1, K2, K-max).

Central corneal thickness.

Anterior chamber depth and angle assessments.

Surgical Technique for ICL Exchange or Explantation. All procedures were performed under topical anesthesia in an operating theater following standard aseptic preparation. A clear corneal incision was created, and a viscoelastic agent was injected into the anterior chamber to protect the corneal endothelium and facilitate lens manipulation. The phakic ICL was mobilized and gently removed through the main incision.

For exchange cases, a new phakic ICL (model V4b) of the selected size was implanted into the posterior chamber and positioned behind the iris with appropriate alignment. Complete removal of viscoelastic was performed using irrigation/aspiration, and the incision was hydrated to ensure watertight closure. Postoperative medications included topical antibiotic and topical corticosteroid drops according to the institutional protocol.

Post-intervention Follow-up Schedule. Patients were evaluated after ICL exchange or explantation according to the institutional follow-up protocol. Postoperative examinations were scheduled at day 1, week 1, month 1, and month 3 (and month 6 when available). At each visit, uncorrected and best-corrected visual acuity, refraction, intraocular pressure, and slit-lamp biomicroscopy were as-

sessed; endothelial cell density and vault were recorded at month 1 (and at later visits when available).

For comparative outcome analyses, postoperative values were extracted from the primary timepoint: month 1 / month 3 / last available follow-up visit. The follow-up duration for each eye was calculated from the date of exchange/explantation to the last documented postoperative visit.

Outcome Variables

Primary Outcomes: Change in visual acuity following intervention, Incidence and nature of postoperative complications, and Variation in corneal curvature measurements (keratometry) pre- and post-intervention.

Secondary Outcomes: Subjective patient satisfaction, particularly in relation to visual function and surgical complications.

Statistical Methodology. Data analysis was performed using IBM SPSS Statistics version 23.0. Descriptive statistics (means $\pm$ standard deviation) summarized continuous variables, while frequencies and percentages described categorical data. Comparative analyses between keratoconus and non-keratoconus groups employed independent-sample t-tests for continuous data and chi-square tests for categorical outcomes. A p-value < 0.05 was considered statistically significant.

Results

The sociodemographic data presented in Table 1 compares patients with and without keratoconus across several variables, revealing no statistically significant differences between the two groups (p-values > 0.05 throughout).

The mean ages of the keratoconus (29.10 ± 3.91 years) and non-keratoconus (28.58 ± 4.84 years) groups are closely aligned, with a p-value of 0.77, indicating no age-related bias. Similarly, the time until intraocular collamer lens (ICL) change is slightly longer in the keratoconus group (mean = 38.45 months) compared to the non-keratoconus group (mean = 30.55 months), yet this difference is not statistically significant ($p = 0.269$). Regarding sex distribution, males are predominant in the keratoconus group (70%) while females are more represented in the non-keratoconus group (66.67%), though this difference approaches but does not reach significance ($p = 0.12$). The type of surgery and the laterality of the affected eye also show no meaningful differences between groups, with exchange and explantation procedures nearly equally distributed ($p = 0.067$), as well as similar proportions of right and left eyes affected ($p = 0.088$). Overall, the absence of statistically significant differences suggests that the two groups are comparable in their baseline sociodemographic and clinical characteristics, which strengthens the validity of subsequent analyses by minimizing confounding due to demographic disparities.

Table 2 presents a comparative analysis of clinical features between keratoconus and non-keratoconus patients, highlighting several statistically and clinically significant

Table 1. Sociodemographic features of the patients

Variables		Keratoconus group (No. 10)	Non-Keratoconus group (No. 15)	P-Value
Age (years)	Mean $\pm$ SD	29.10 $\pm$ 3.91	28.58 $\pm$ 4.84	0.77
	Range	21-35	19-37	
Sex	Male	7 (70.0%)	5 (33.33%)	0.12
	Female	3 (30.0%)	10 (66.67%)	
Time until the ICL changes (months)	Mean $\pm$ SD	38.45 $\pm$ 18.60	30.55 $\pm$ 13.86	0.269
	Range	11-71	12-70	
Type of surgery	Exchange	5 (50.0%)	8 (53.33%)	0.067
	Explantation	5 (50.0%)	7 (46.67%)	
Side of the eye	Right	4 (40.0%)	5 (33.33%)	0.088
	Left	6 (60.0%)	10 (66.67%)	

Table 2. Clinical features of the patients

Variables		Keratoconus Group (No. 10)	Non-Keratoconus group (No. 15)	P-Value
ECC (cells/mm ²)	Before insertion	2720.6	2577	0.712
	After exchange/removal	2485	2267	0.364
IOP (mm Hg)	Before insertion	14.41 $\pm$ 1.37 (12.3-17.4)	14.78 $\pm$ 3.15 (10.4-22)	0.692
	After insertion	17.85 $\pm$ 2.13 (13-22)	19.39 $\pm$ 6.50 (7-28)	0.406
	After exchange/removal	12.54 $\pm$ 0.81 (11.5-14.7)	17.40 $\pm$ 2.33 (12-25)	0.005
Unconnected visual acuity (UCVA) (logMAR)	Before insertion	0.99 $\pm$ 0.03	0.96 $\pm$ 0.1	0.29
	After insertion	0.56 $\pm$ 0.35	0.35 $\pm$ 0.21	0.112
	After exchange/removal	0.71 $\pm$ 0.28	0.67 $\pm$ 0.28	0.078
Best corrected visual acuity (BCVA) (logMAR)	Before insertion	0.22 $\pm$ 0.17	0.22 $\pm$ 0.15	0.097
	After insertion	0.47 $\pm$ 0.31	0.26 $\pm$ 0.17	0.073
	After exchange/removal	0.39 $\pm$ 0.27	0.27 $\pm$ 0.16	0.062
Spherical value (D)	Before insertion	-7.4	-7.70	0.067
	After insertion	-4.50	-0.66	0.024
	After exchange/removal	-5.50	-2.00	0.367
Cylindrical value (D)	Before insertion	-3.48	-2.12	0.641
	After insertion	-4.00	-1.56	0.024
	After exchange/removal	-4.11	-1.34	0.037
Spherical equivalent (D)	Before insertion	-8.20	-4.74	0.044
	After insertion	-6.25	-0.49	0.002
	After exchange/removal	-4.03	-2.72	0.0037
Corneal thickness		443.5	551.1	0.0081
K1		48	43	0.086
K2		50	43.8	
K-Max		51	44.9	

differences. Endothelial cell count (ECC) before and after lens exchange or removal shows no significant variation between groups ($p = 0.712$ and 0.364 , respectively), suggesting similar corneal endothelial health. Intraocular pressure (IOP) is notably lower in the keratoconus group after exchange/removal (12.54 mm Hg vs. 17.40 mm Hg, $p = 0.005$), indicating a potentially favorable pressure response post-procedure. Uncorrected and best corrected visual acuity (UCVA and BCVA) metrics did not reach statistical significance at any stage, although a trend toward better post-insertion BCVA in non-keratoconus patients is evident. Notably, spherical and cylindrical refractive values and spherical equivalent showed significant disparities post-insertion and post-removal. The keratoconus group exhibited markedly higher myopia and astigmatism, particularly after insertion (spherical value: $p = 0.024$; cylindrical value: $p = 0.024$; spherical equivalent: $p = 0.002$) and even after removal ($p < 0.05$ for both cylinder and spherical equivalent), reflecting the more complex refractive profile associated with keratoconus. Corneal thickness was significantly reduced in the keratoconus group ($443.5 \mu\text{m}$ vs. $551.1 \mu\text{m}$, $p = 0.0081$), consistent with the hallmark thinning in this condition. Although keratometry values (K1, K2, K-Max) suggest steeper corneas in keratoconus, only K1 is reported with a p -value (0.086), nearing significance. In summary, these findings reinforce the distinct clinical profile of keratoconus patients, particularly in terms of refractive error and corneal structure, which has direct implications for surgical planning and visual outcomes following ICL procedures.

Figure 1 illustrates the distribution of causes for ICL exchange or explantation in the Non-Keratoconus group. The most common cause, accounting for 60% of cases, is vault-related issues, indicating that suboptimal ICL positioning or sizing played a predominant role in the need for surgical revision. Both cataract formation and elevated IOP contributed equally at 13.33%, reflecting potential long-term complications of ICL implantation. Meanwhile, refractive dissatisfaction and general patient satisfaction issues were less frequent, each representing 6.67% of cases. This distribution highlights that anatomical or

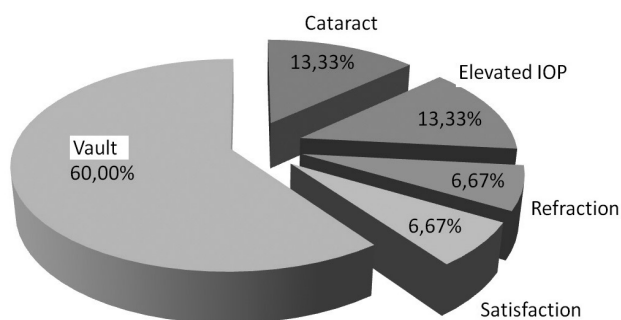


Figure 1. Causes for ICL exchange/explanation in Non-Keratoconus group

physiological complications (vault, IOP, cataract) were more prevalent triggers for ICL revision in this group than subjective or refractive concerns, underscoring the importance of meticulous preoperative assessment and postoperative monitoring in non-keratoconus eyes.

Figure 2 outlines the causes for ICL exchange or explantation in the Keratoconus group, revealing a strong predominance of vault-related complications, which account for 70% of cases. This mirrors the non-keratoconus group, where vault issues were also the leading cause, though slightly less dominant (60%). In keratoconus patients, refractive issues contributed to 20% of the indications for surgical revision, suggesting difficulties in achieving satisfactory visual correction, likely due to the complex and unstable refractive profiles typical of keratoconus. Patient dissatisfaction, accounting for 10%, remains a minor cause, similar to the non-keratoconus group. Notably, unlike the non-keratoconus cohort, cataract formation and elevated IOP do not appear as reported causes in the keratoconus group. This difference may reflect younger age, less IOP susceptibility, or differing anatomical features in keratoconus eyes.

Discussion

This study found that the average age of patients in the non-keratoconus (non-KC) group was 28.58 ± 4.84 years, while those in the keratoconus (KC) group had a mean age of 29.10 ± 3.91 years. These findings align with previous literature. For example, AlSabaani et al. (2016) reported a similar average age of 29.4 ± 11.1 years at the time of ICL explantation [2]. In contrast, Chaitanya et al. (2020) observed a younger patient population – mean age 23.72 ± 3.23 years – among individuals undergoing V4c toric ICL implantation for myopic astigmatism, suggesting that this particular intervention may be more commonly pursued at an earlier age [9].

Over the two-year study period at a specialized eye hospital in Iraq, we recorded a 12.5% rate (25 cases) of ICL exchange or explantation. Of these, 40.0% occurred in patients with keratoconus, while 60.0% involved non-keratoconus cases. This rate is notably higher than those

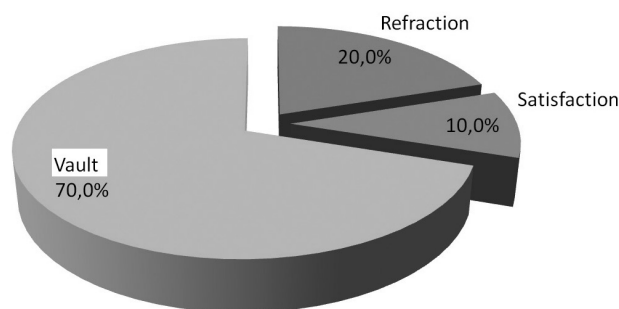


Figure 2. Causes for ICL exchange/explanation in the Keratoconus group

reported in earlier studies. For instance, AlSabaani et al. (2016) documented an ICL exchange/explantation rate of 3.8% [2], while Alhamzah et al. (2021) reported a lower rate of 2.0% in a Saudi Arabian cohort. In their study, the distribution across keratoconus and non-keratoconus groups was 78.57% and 68.57%, respectively [10].

In our study, incorrect vault size was the most common reason for ICL exchange or explantation, observed in 9 cases from the non-keratoconus group and 7 cases from the keratoconus group. This finding is consistent with the results of Alhamzah et al. (2021), who also identified vault miscalculation as a frequent postoperative issue in ICL procedures [10]. Supporting this, Trancón et al. (2020) introduced a multivariable model that accounted for approximately 34% of the variance in postoperative vault height. Their analysis highlighted key contributing factors, including the horizontal size mismatch between the eye and the ICL, the forward protrusion of the crystalline lens, and specific lens parameters such as power and overall size [11].

Cataract formation was the second most common reason for ICL exchange or explantation in our study, accounting for 13.33% of cases in the non-keratoconus group. This finding is in line with the results reported by Alhamzah et al. (2021), who noted cataracts as the second leading cause of ICL removal, comprising 12.5% of cases in their non-keratoconus cohort [10]. However, a markedly lower incidence was observed by AlSabaani et al. (2016), who reported cataract development in only 0.5% of patients following ICL implantation [2]. Supporting these trends, a larger retrospective analysis of 1653 eyes reported a cataract-related ICL explantation rate of 2.78%, further highlighting variability in incidence across different populations and clinical settings [12].

Anterior subcapsular cataract is a known complication following ICL implantation and may result from various intraoperative or postoperative factors. These include subclinical inflammation, disruption of the blood-aqueous barrier, laser-induced trauma, or accidental contact with intraocular devices during surgery [13].

In addition, elevated IOP was identified as another reason for ICL exchange or explantation in our study, accounting for 13.33% of cases in the non-keratoconus group. This is consistent with findings from Alhamzah et al. (2021), who reported elevated IOP as the cause in 9.3% of their explantation cases [10]. Further supporting this, Sánchez-González et al. (2020) found a positive correlation between higher preoperative IOP and increased postoperative vault in patients receiving the ICL V4c model, suggesting that anatomical and pressure-related factors may predispose patients to vault-related complications [14].

Incorrect refractive outcomes were another contributing factor to ICL exchange or explantation in our study, observed in 20.0% of cases within the KC group and 6.67% in the non-keratoconus group. These findings are consistent with those reported by Alhamzah et al. (2021), who noted similar rates of ICL removal due to residual

refractive error – 14.28% in the KC group and 6.25% in the non-KC group [10]. Supporting this trend, Fairaq et al. (2021) also documented a case of ICL explantation in a patient with keratoconus, myopia, and myopic astigmatism, due to residual refractive error [15].

Patient dissatisfaction was also a factor influencing explantation in our cohort. One patient from each group (KC and non-KC) requested lens removal due to dissatisfaction with visual outcomes. This aligns with the findings of Alhamzah et al. (2021), where patient dissatisfaction – primarily related to postoperative glare – was cited as a reason for explantation [10]. In contrast, several other studies report generally high satisfaction rates. For instance, Liu and Luo (2013) observed favorable patient satisfaction following toric ICL implantation in keratoconus eyes [16], while Dougherty and Priver (2017) found that only 1.79% of patients experienced night-time halos, suggesting that visual disturbances, while possible, are relatively uncommon [17].

Conclusion. The predominant cause for ICL exchange/explantation among both keratoconus and non-keratoconus patients was inappropriate vault size. Notably, a high vault was more frequently observed in Keratoconus patients.

Author Contributions

IHS, MHJ, AAF – Conceptualization; Data Curation; Investigation; Methodology; Project administration; Resources; Software; Writing – original draft, review & editing. All authors have read and approved the final manuscript and agree to be accountable for all aspects of the work.

Acknowledgements

The authors thank the Department of Ophthalmology and the operating theatre staff of Burdwan Medical College for their assistance and patient care during the study.

Disclaimers

The views expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent the official position of their affiliated institution or any funding source.

Funding

This Study did not receive any fund or grant.

Conflict of Interest

The authors declare that they have no conflicts of interest related to this work.

Ethical approval

The Medical Ethical Committee of The Department of Surgery, College of Medicine, University of Thi-Qar approved this study.

Data Availability Statement

The datasets generated and/or analyzed during the current study are available from the corresponding author upon reasonable request. Due to institutional policy and patient confidentiality, raw data are not publicly available.

Abbreviations

ICL – Implantable Collamer Lens; n – number, KC – keratoconus, CXL – corneal cross-linking, UVA – Ultra violet A, IOP – Intraocular pressure, μm – Micron, WTW – white-to-white, ACD – anterior chamber depth, STS – sulcus-to-sulcus, SD – standard deviation, ECC – Endothelial cell count, UCVA and BCVA – Uncorrected and best corrected visual acuity.

References

- Chen X, Li L, Rao J, Chen YX, Gao Y, et al. Long-term observation on safety and visual quality of implantable collamer lens V4c implantation for myopia correction: a 5-year follow-up. *Int J Ophthalmol.* 2023;16(7):1123-9.
- AlSabaani NA, Behrens A, Jastanieh S, Al Malki S, Al Jindan M, et al. Causes of Phakic Implantable Collamer Lens Explantation/Exchange at King Khaled Eye Specialist Hospital. *Middle East Afr J Ophthalmol.* 2016;23(4):293-5.
- Lalgudi VG, Shetty R, Nischal KK, Ziai S, Koaik M, et al. Biochemical and molecular alterations and potential clinical applications of biomarkers in keratoconus. *Saudi J Ophthalmol.* 2022;36(1):7-16.
- Emerah SH, Sabry MM, Saad HA, Ghobashy WA. Visual and refractive outcomes of posterior chamber phakic IOL in stable keratoconus. *Int J Ophthalmol.* 2019;12(5):840-3.
- Abdelmassih Y, El-Khoury S, Chelala E, Slim E, Cherfan CG, et al. Toric ICL Implantation After Sequential Intracorneal Ring Segments Implantation and Corneal Cross-linking in Keratoconus: 2-Year Follow-up. *J Refract Surg.* 2017;33(9):610-6.
- Kamiya K, Shimizu K, Kobashi H, Igarashi A, Komatsu M, et al. Three-year follow-up of posterior chamber toric phakic intraocular lens implantation for the correction of high myopic astigmatism in eyes with keratoconus. *Br J Ophthalmol.* 2015;99(2):177-83.
- Zhang X, Tao XC, Li ZW, Zhou WY, Ma P, et al. Combining corneal crosslinking and phakic toric Implantable Collamer Lenses for the treatment of keratectasia: A case report. *Exp Ther Med.* 2016;12(3):1495-8.
- Zhu AY, Jun AS, Soiberman US. Combined Protocols for Corneal Collagen Cross-Linking with Photorefractive Surgery for Refractive Management of Keratoconus: Update on Techniques and Review of Literature. *Ophthalmol Ther.* 2019;8(Suppl 1):15-31.
- Chaitanya SR, Anitha V, Ravindran M, Ghorpade A, Rengappa R, et al. Safety and efficacy of toric implantable collamer lens V4c model - A retrospective South Indian study. *Indian J Ophthalmol.* 2020;68(12):3006-11.
- Alhamzah A, Alharbi SS, Alfardan F, Aldebasi T, Almudhaiyan T. Indications for exchange or explantation of phakic implantable collamer lens with central port in patients with and without keratoconus. *Int J Ophthalmol.* 2021;14(11):1714-20.
- Trancón AS, Manito SC, Sierra OT, Baptista AM, Serra PM. Determining vault size in implantable collamer lenses: pre-operative anatomy and lens parameters. *J Cataract Refract Surg.* 2020;46(5):728-36.
- Gimbel HV, LeClair BM, Jabo B, Marzouk H. Incidence of implantable Collamer lens-induced cataract. *Can J Ophthalmol.* 2018;53(5):518-22.
- Chang JS, Meau AY. Visian Collamer phakic intraocular lens in high myopic Asian eyes. *J Refract Surg.* 2007;23(1):17-25.
- Sánchez-González JM, Alonso-Aliste F, Perea-Peña G, Rachwani-Anil R, Márquez-de-Aracena-Del-Cid R, et al. Anterior chamber angle width, central vault and intraocular pressure changes after 12 months of Visian collamer lens implantation. *Int Ophthalmol.* 2020;40(8):2047-53.
- Fairaq R, Almutlak M, Almazyad E, Badawi AH, Ahad MA. Outcomes and complications of implantable collamer lens for mild to advance keratoconus. *Int Ophthalmol.* 2021;41(7):2609-18.
- Liu TX, Luo X. Stability of axis and patient satisfaction after toric implantable collamer lens implantation for myopic astigmatism. *Pak J Med Sci.* 2013;29(6):1371-4.
- Dougherty PJ, Priver T. Refractive outcomes and safety of the implantable collamer lens in young low-to-moderate myopes. *Clin Ophthalmol.* 2017;11:273-7.

УДК 617.741-004.1-089-06

Пропозиція класифікації псевдоексfolіативного синдрому

Мельник В. О.¹, канд. мед. наук; Васильєва Л. С.², лікар¹ Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, Київ (Україна)² ТОВ «Клініка Візіобуд Плюс», Київ (Україна)

A proposed classification of pseudoexfoliation syndrome

Melnyk V. O.¹, Vasyli'ieva L. S.²¹ Bogomolets National Medical University, Kyiv (Ukraine)² VISIOBUD Plus Clinic LLC, Kyiv (Ukraine)

Резюме

Мета. Розробити класифікацію псевдоексfolіативного синдрому для використання в хірургії катаракти на основі її особливостей.

Матеріал та методи. В дослідженні взяло участь 67 пацієнтів (67 очей) з псевдоексfolіативним синдромом та катарактою віком від 61 до 84 років, яким було проведено факоемulьсифікацію кришталика з імплантацією ІОЛ. В залежності від особливостей хірургічної тактики лікування, пацієнтів розділено на наступні категорії: ті, кому факоемulьсифікація катаракти проводилася стандартною методикою без додаткового захисту циннових зв'язок; ті, кому було необхідно проводити факоемulьсифікацію без попередньої ротації ядра кришталика на етапі гідродисекції; ті, кому внаслідок слабкості циннових зв'язок була необхідна імплантacja інтракапсульного підтримуючого кільця; і ті, кому була необхідна шовна підтримка положення інтраокулярної лінзи.

DOI: <https://doi.org/10.31288/UJO2026226>

UDC: 617.7

Corresponding Author: Vasyli'ieva L.S., VISIOBUD Plus Clinic LLC, 17, Lobanovskyi Ave, Kyiv, Ukraine, 03037.
Email: ludmilavasilyeva1995@gmail.com

Received 2025-08-18

Accepted 2025-12-15

Cite this article as: Melnyk VO, Vasyli'ieva LS. A proposed classification of pseudoexfoliation syndrome. Ukrainian Journal of Ophthalmology. 2026;1:21-26.



This is an open access article under the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license

© Melnyk V. O., Vasyli'ieva L. S., 2026

Результати. Розподіл пацієнтів за особливостями наявного псевдоексfolіативного синдрому і ступеню впливу останнього на характер проведення оперативного лікування методом факоемulьсифікації дозволив вивести закономірності залежності тактики хірургічного лікування від максимального мідріазу, ступеню слабкості циннових зв'язок, рухомості кришталика і здатності самостійно триматися інтраокулярній лінзі в правильному положенні. Встановлення такої залежності дозволило систематизувати ці ознаки і розробити хірургічну класифікацію псевдоексfolіативного синдрому. Згідно з даною класифікацією, виділено чотири стадії псевдоексfolіативного синдрому, друга стадія поділена на дві категорії – категорію «А» і категорію «В».

Висновки. Запропонована класифікація, проведена на основі оцінки ПЕС у вищезазначеної кількості пацієнтів, дозволила чітко систематизувати особливості пацієнтів відповідно до особливостей переднього сегменту ока. Більше того, дослідження є універсальним для стадій, які ми запропонували.

Дана класифікація може бути основою для подальших досліджень псевдоексfolіативного синдрому.

Ключові слова. Псевдоексfolіативний синдром, катаракта, псевдоексfolіативна глаукома, факоемulьсифікація, положення інтраокулярної лінзи, фіксація інтраокулярної лінзи, класифікація псевдоексfolіативного синдрому, кришталик.

Abstract

Purpose: To develop a classification of pseudoexfoliation syndrome (PEX) for use in cataract surgery on the basis of its features.

Material and Methods: This study included 67 patients (67 eyes; age, 61 to 84 years) with PEX-associated cataract

who underwent phacoemulsification with intraocular lens (IOL) implantation. Patients were divided into the following categories based on the features of surgical strategy: those that underwent standard phacovitrectomy without zonular protection; those that underwent phacoemulsification and no nucleus rotation during hydrodissection; those that required a capsular tension ring (CTR) implantation due to zonular weakness; and those that required suture IOL fixation.

Results: The patient distribution based on the features of PEX and severity of the effect of PEX on the features of phacoemulsification cataract surgery allowed to determine the relationship of the surgical strategy with the maximum pupil dilation, severity of zonular weakness, increased lens mobility, and capacity of an IOL to maintain its correct position independently. Determining the relationship allowed us to systematize these features and develop a surgical classifi-

cation of PEX. The classification scheme defines four stages of the syndrome; stage II is subdivided into two categories, category A and category B.

Conclusion: The classification proposed was developed on the basis of the assessment of PEX in the above number of patients, and enabled systematizing the features of patients according to the features of the anterior segment of the eye. Moreover, the study is universal for the stages proposed. The classification can be used as a basis for further research on PEX.

Keywords: pseudoexfoliation syndrome, cataract, pseudoexfoliative glaucoma, phacoemulsification, intraocular lens position, intraocular lens fixation, pseudoexfoliation syndrome classification, lens.

Вступ

Псевдоексфоліативний синдром (ПЕС) – це розлад, що характеризується накопиченням аберантного екстрацелюлярного матричного матеріалу на інтраокулярних структурах та інших внутрішніх органах [1, 2]. Поширеність ПЕС підвищується з віком; таким чином близько 20% людей старше 60 років мають цей стан [3,4]. Крім цього, ПЕС асоціюється як одна з найбільш частих причин виникнення первинної відкритокутової глаукоми, що розвивається у 20–60% пацієнтів з цим синдромом [1]. Разом з тим встановлено, що пацієнти з ПЕС мають більший ризик розвитку катаракти, що може вимагати проведення хірургічного втручання для її лікування [5]. Псевдоексфоліативний синдром є додатковим фактором ризику під час хірургічного лікування катаракти [6]. Оперативне лікування у пацієнтів з псевдоексфоліативним синдромом може бути додатково ускладненим за рахунок особливостей катаракти, яка супроводжується ригідністю зіниці і недостатнім медикаментозним мідріазом, слабкістю циннових зв'язок і, як наслідок, ймовірністю дислокації кришталика або інтраокулярної лінзи [7, 8, 9]. Існують особливості проведення факоемульсифікації в подібних випадках – рекомендовано уникати надмірного тиску на кришталик, не докладати зусиль при його переміщенні і ротації в капсульному мішку, а також проводити основні етапи операції на фізіологічному внутрішньоочному тиску і невисоких параметрах вакууму [10,11,12]. Також у подібних випадках може виникати потреба у використанні додаткових пристроїв для підтримки капсульного мішка, таких як імплантація внутрішньокапсульного кільця, що дозволяє рівномірно перерозподілити тиск на циннові зв'язки [13]. В особливо ускладнених випадках часткового або повного дефекту циннових зв'язок, коли неможливо досягти правильного положення інтраокулярної лінзи (ІОЛ) в післяопераційному періоді, застосовуються методи і засоби шовної фіксації ІОЛ [14]. Застосування додаткових пристроїв безшовної та шовної фіксації стабілізує положення інтраокуляр-

ної лінзи під час та після хірургічного втручання [15]. Оскільки вищеперераховані особливості мають місце не у всіх випадках хірургічних втручання з приводу катаракти, ускладненої псевдоексфоліативним синдромом, важливим є розподіл пацієнтів відповідно до ступеня вираженості проявів ПЕС в ході хірургічного втручання [16].

На сьогоднішній день відсутнє чітке постадійне розмежування псевдоексфоліативного синдрому, що могло б допомогти у процесі хірургічного менеджменту пацієнтів.

Відповідно, виникає необхідність у створенні клінічної класифікації псевдоексфоліативного синдрому, що надасть можливість визначення інтраопераційної тактики заздалегідь, попереджуючи ймовірні ускладнення в ході операції.

Мета. Розробити класифікацію псевдоексфоліативного синдрому для використання в хірургії катаракти на основі її особливостей.

Матеріал та методи

В дослідженні взяло участь 67 пацієнтів (67 очей) з псевдоексфоліативним синдромом та катарактою віком від 61 до 84 років, прооперованих у клініці «Візіобуд» з 03.12.2024 по 17.04.2025. Пацієнтів з аметропією високого ступеня та супутніми офтальмологічними захворюваннями було виключено з дослідження. Всім пацієнтам проведено хірургічне лікування катаракти шляхом факоемульсифікації кришталика з імплантацією ІОЛ. Всі хірургічні втручання проведено одним кваліфікованим офтальмохірургом. Усі пацієнти, відповідно до особливостей хірургічного лікування були розподілені на наступні групи. Перша група – пацієнти з ПЕС, у яких доопераційно і інтраопераційно не було виявлено проявів слабкості циннових зв'язок і які при виконанні факоемульсифікації не потребували ніяких додаткових методів і засобів захисту останніх. В ході операції при гідродисекції ядра кришталика легко досягалась його ротаційна мобільність без ри-

зику для циннових зв'язок. Друга група – пацієнти з проявами вираженої слабкості циннових зв'язок, що виявлялась інтраопераційно у вигляді додаткової рухомості кришталика. Пацієнти даної групи вимагали проведення факоемульсифікації, що передбачали методи додаткового захисту існуючих циннових зв'язок, а саме: проведення гідродисекції ядра кришталика без його ротації, виконання етапів факоемульсифікації на фізіологічному ВОР і зі зниженими параметрами вакууму. Частині таких пацієнтів, внаслідок значної виразності інтраопераційної слабкості циннових зв'язок, було імплантовано внутрішньокапсульне підтримуюче кільце. Третя група – пацієнти з вираженими ознаками факоденезу і іридоденезу, доопераційною дислокацією кришталика. Пацієнти даної групи на всіх етапах операції потребували додаткової підтримки капсульного мішка кришталика у вигляді капсульних гачків, а також потребували додаткової шовної фіксації інтраокулярної лінзи для досягнення її правильного післяопераційного положення. Окрім визначення особливостей перебігу факоемульсифікації і необхідності додаткових методів і засобів протекції циннових зв'язок і фіксації ІОЛ, усім пацієнтам інтраопераційно вимірювали діаметр зіниці на фоні застосування епібульбарних і інтракамерних медикаментів для максимального мідріазу (епібульбарно – тропікамід 1%, атропін 1%, інтракамерно – мезатон 1%). У інтра- та післяопераційному періоді були відсутні ускладнення.

Дослідження проводилось у відповідності до Гельсінської декларації, з дотриманням біоетичних норм, була отримана інформована згода від пацієнтів, що брали участь у дослідженні.

Результати

До першої групи було віднесено 22 пацієнти, перебіг операції у яких не відрізнявся від пацієнтів без ПЕС – кришталик був стабільний, інтраопераційно не виявлялись ознаки слабкості циннових зв'язок, легко досягалася ротація ядра кришталика при виконанні гідродисекції, інтраопераційні параметри тиску і вакууму були стандартні і не вимагали корекції в бік зменшення, після імплантації ІОЛ була стабільна в капсульному мішку і займала правильне положення в оці. У всіх пацієнтів даної групи застосування мідріатиків дозволяло розширити зіницю на понад 8 мм в діаметрі. Таких пацієнтів було віднесено до групи I нашої класифікації ПЕС. До другої групи було віднесено 33 пацієнта, у яких в доопераційному періоді були прояви значної рухомості ядра у вигляді іридоденезу при рухах ока, інтраопераційно при виконанні переднього капсулорексису також відмічалася рухомість кришталика внаслідок слабкості циннових зв'язок. В ході операції було необхідно не проводити ротацію ядра кришталика, виконувати факоемульсифікацію на фізіологічних параметрах внутрішньоочного тиску (ВОТ) і низьких параметрах вакууму для запобігання пошкодження ослаблених зв'язок (CENTURION

Vision system (Alcon), з параметрами вакууму факоемульсифікації (90–120 мм рт. ст.) факоемульсифікації (180–250 мм рт. ст.).

Частині таких пацієнтів також було необхідно імплантувати інтракапсульне підтримуюче кільце для стабільності ІОЛ в післяопераційному періоді. У всіх цих пацієнтів максимально можливий мідріаз був менше 8 мм в діаметрі. Пацієнтам, у яких максимальний мідріаз був менше 5 мм в діаметрі (11), усім було необхідно імплантувати інтракапсульне підтримуюче кільце. Отже, пацієнти, які мали виражені ознаки слабкості циннових зв'язок, мали максимальний мідріаз менше 5 мм, були віднесені до III групи, згідно з нашою класифікацією. Усі такі пацієнти потребують імплантації інтракапсульного підтримуючого кільця. Пацієнти з вираженою слабкістю циннових зв'язок, що вимагала відповідних коректив у проведенні факоемульсифікації, і максимальним мідріазом від 5 до 8 мм були віднесені до II групи. Причому ті, що не потребували імплантації інтракапсульного підтримуючого кільця, були віднесені до групи ПА, а ті, що потребували імплантації кільця, – до групи ПВ. Пацієнти з ознаками псевдоексfolіативного синдрому і дислокацією кришталика, або ІОЛ, що виявляли до- або інтраопераційно і потребували, відповідно, додаткової фіксації ІОЛ за рахунок підшивання до склери або райдужної оболонки, були віднесені нами до IV групи, незалежно від ступеня максимально можливого мідріазу. У всіх пацієнтів післяопераційний період проходив без ускладнень. Гіпотензивні краплі використовувались у 12% (8 очей) по причині ранньої післяопераційної офтальмогіпертензії. Інтраокулярна лінза була центрована у всіх випадках.

На підставі даних аналізу оцінки передопераційної біомікроскопії переднього сегменту ока, максимального інтраопераційного мідріазу, особливостей ходу операції було запропоновано систематизувати пацієнтів з псевдоексfolіативним синдромом в класифікаційну систему (табл. 1).

Обговорення

Дана хірургічна класифікація псевдоексfolіативного синдрому носить велике практичне значення, оскільки на доопераційному періоді дозволяє визначити об'єм хірургічного втручання на передньому сегменті ока за максимальним значенням дилатації зіниці, наявністю чи відсутністю ознак слабкості циннових зв'язок та факоденезу. Це дозволяє визначити потенційні ризики та ускладнення, необхідність використання засобів додаткової фіксації інтраокулярної лінзи, рівень кваліфікації офтальмохірурга для якісного проведення операції.

Більше того, це дає можливість більш глибокого обґрунтування псевдоексfolіативного синдрому [17]. Ступінь вираженості псевдоексfolіативного синдрому має велике значення у контексті профілактики розвитку псевдоексfolіативної глаукоми (ПЕГ), так як

Табл. 1. Класифікація псевдоексfolіативного синдрому в хірургії катаракти

Стадія ПЕС	Кількість пацієнтів	Біомікроскопічний критерій	Ширина зіниці	Іридононез, Факодонез	Дислокація кришталика або ІОЛ	Хірургічне втручання вибору
ПЕС 1	22	ПЕМ по краю зіниці та на передній поверхні кришталика при мідріазі	8 мм та більше	Відсутні	Відсутні	Стандартна факоемульсифікація кришталика з імплантацією ІОЛ
ПЕС 2а	20	ПЕМ по краю зіниці та на передній поверхні кришталика при мідріазі та в куті передньої камери ока на райдужці і на ендотелії рогівки	5-8 мм	Слабко виражені, не вимагають імплантації фіксуючих пристроїв	Відсутні	Факоемульсифікація кришталика на фізіологічному внутрішньоочному тиску, без ротації ядра на низькому вакуумі з імплантацією ІОЛ без фіксуючого пристрою
ПЕС 2б	13	ПЕМ по краю зіниці та на передній поверхні кришталика при мідріазі та в куті передньої камери ока на райдужці і на ендотелії рогівки	5-8 мм	Клінічно та інтраопераційно виражені, потребують імплантації фіксуючих пристроїв (внутрішньо-капсульного кільця тощо)	Відсутні	Факоемульсифікація кришталика на фізіологічному внутрішньоочному тиску, без ротації ядра на низькому вакуумі з імплантацією ІОЛ з імплантацією фіксуючого пристрою (внутрішньо-капсульного кільця)
ПЕС 3	11	ПЕМ по краю зіниці та на передній поверхні кришталика при мідріазі та в куті передньої камери ока на райдужці і на ендотелії рогівки	Менше 5 мм	Клінічно та інтраопераційно виражені, потребують імплантації фіксуючих пристроїв (внутрішньо-капсульного кільця тощо)	Відсутні	Факоемульсифікація кришталика на фізіологічному внутрішньоочному тиску, без ротації ядра на низькому вакуумі з імплантацією ІОЛ з імплантацією фіксуючого пристрою (внутрішньо-капсульного кільця)
ПЕС 4	1	ПЕМ по краю зіниці та на передній поверхні кришталика при мідріазі та в куті передньої камери ока на райдужці і на ендотелії рогівки	Менше 5 мм	Клінічно та інтраопераційно виражені	Повна або часткова дислокація кришталика або інтраокулярної лінзи	Факоемульсифікація кришталика на фізіологічному внутрішньоочному тиску, без ротації ядра на низькому вакуумі з імплантацією ІОЛ зі склеральною фіксацією ІОЛ або фіксацією до райдужки

Примітки. ПЕМ – псевдоексfolіативний матеріал; ПЕС – псевдоексfolіативний синдром. На цю класифікацію отримано патент №136593 від 26 травня 2025 року про реєстрацію авторського права.

хірургія катаракти у пацієнтів з псевдоексfolіативним синдромом зменшує ризик розвитку ПЕГ [17, 18].

Той факт, що псевдоексfolіативна глаукома розвивається не у всіх пацієнтів з псевдоексfolіативним синдромом, потребує пошуку факторів, що можуть призвести до розвитку глаукомного процесу, тому можливість класифікації ПЕС відкриває можливості більш фундаментального дослідження ПЕГ.

Псевдоексfolіативний синдром не є характерним тільки для факічних пацієнтів, проте має місце і у осіб з артифакцією. У артифакічних пацієнтів діагностика псевдоексfolіативного синдрому може бути утруднена [19]

Вищеописана класифікація ПЕС не є унікальною для факічних пацієнтів і може також використовуватися у осіб з артифакцією.

Заключення. Наявність візуальних ознак ПЕС не визначає хірургічну тактику дій при хірургії катаракти, що встановлює необхідність класифікації ПЕС не за наявністю або кількістю псевдоексfolіативного матеріалу, а за іншими ознаками, які впливають на хірургічну тактику, зокрема таких як максимальний медікаментозний мідріаз, наявність іридо- та факодонезу, посиленої рухомості кришталика при факоемульсифікації, можливості проведення хірургічного втручання різними методами без ушкодження зв'язок, дислокації кришталика чи ІОЛ (і відповідно доцільності шовної фіксації у зв'язку з дислокацією).

Класифікація необхідна, оскільки вона дає можливість прогнозування ходу операції і ризику інтраопераційних ускладнень та ризику ПЕГ.

Запропонована класифікація, проведена на основі оцінки ПЕС у вищезазначеній кількості пацієнтів, дозволила чітко систематизувати особливості пацієнтів відповідно до особливостей переднього сегменту ока. Більше того, проведене дослідження є універсальним для стадій, які ми запропонували.

Дана класифікація може бути основою для подальших досліджень і, зокрема, з точки зору розвитку вторинної ексfolіативної глаукоми.

Авторський внесок

Мельник В.О. — розробка концепції, проектування, аналіз та інтерпретація даних, збір даних та проведення дослідження, підготовка та рецензування рукопису; Василюєва Л.С. — збір даних та проведення дослідження, підготовка та рецензування рукопису. Усі автори прочитали та схвалили остаточний варіант рукопису.

Джерела підтримки

Відсутні.

Етичні норми

Це дослідження проводилося за участю людей. Усі пацієнти дали інформовану згоду на участь у дослідженні. Дослідження було проведено у відповідності з Гельсінською декларацією. Це дослідження не включало експерименти на тваринах.

Конфлікти інтересів

Автори заявляють, що вони не мають конфлікту інтересів, який міг би вплинути на їхню думку щодо предмета або матеріалів, описаних і обговорених у цьому рукописі.

Відмова від відповідальності

Погляди, висловлені в поданій статті, є власними, а не офіційною позицією установи або спонсора.

Заява про доступність даних

Всі дані, отримані або проаналізовані під час цього дослідження, включені в цю опубліковану статтю.

Скорочення

ПЕС — псевдоексfolіативний синдром; ПЕГ — псевдоексfolіативна глаукома; ІОЛ — інтраокулярна лінза.

Література

1. Yüksel N, Yılmaz Tuğın B. Pseudoexfoliation Glaucoma: Clinical Presentation and Therapeutic Options. *Turk J Ophthalmol.* 2023 Aug 19;53(4):247-256. doi: 10.4274/tjo.galenos.2023.76300
2. Mastronikolis S, Pagkalou M, Baroutas G, Kyriakopoulou K, Makri OE, Georgakopoulos CD. Pseudoexfoliation syndrome: The critical role of the extracellular matrix in pathogenesis and treatment. *IUBMB life.* 2022; 74(10): 995–1002. doi.org/10.1002/iub.2606
3. Tuteja S, Zeppieri M, Chawla H. Pseudoexfoliation Syndrome and Glaucoma. In: *StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023.*
4. Rumelaitiene U, Speckauskas M, Tamosiunas A, Radisauskas R, Peto T, Larsen MB, et al. Exploring association between pseudoexfoliation syndrome and ocular aging. *Int Ophthalmol.* 2022; 43(3): 847–857. doi.org/10.1007/s10792-022-02486-0
5. Tekcan H, Mangan MS, Imamoglu S, Alpogan O. Refractive Outcomes of Uneventful Cataract Surgery in Pseudoexfoliation Syndrome and Pseudoexfoliation Glaucoma. *Korean J Ophthalmol.* 2022 Jun;36(3):226-235. doi: 10.3341/kjo.2021.0183.
6. Drolsum L, Ringvold A, Nicolaissen B. Cataract and glaucoma surgery in pseudoexfoliation syndrome: a review. *Acta Ophthalmol Scandinavica.* 2007; 85(8): 810–821. doi.org/10.1111/j.1600-0420.2007.00903.x
7. Nath M, Odayappan A, Tripathy K, Krishnamurthy P, Nachiappan S. Predicting zonular strength based on maximum pupillary mydriasis in patients with pseudoexfoliation syndrome. *Med Hypotheses.* 2021 Jan;146:110402. doi: 10.1016/j.mehy.2020.110402.
8. Lachovská S, Kristian P, Krowicka. (2022). Incidence of pseudoexfoliation syndrome and glaucoma in a set of more than 14,000 eyes of patients operated for a cataract. *Cesk Slov Oftalmol.* Spring; 78(2):56-62. doi: 10.31348/2022/8.
9. Tekin K, Inanc M, Elgin U. Monitoring and management of the patient with pseudoexfoliation syndrome: current perspectives. *Clin Ophthalmol.* (Auckland, N.Z.). 2019; 13: 453–464. Doi.org/10.2147/OPTH.S181444
10. Shakeel R, Shareef, Cataract Surgery with Zonular Issue. Review of Ophthalmology [Internet]. Published 10 August 2021. Available from: <https://www.reviewofophthalmology.com/article/cataract-surgery-with-zonular-issues>.
11. Khiun F Tjia. A Low Fluidics Parameters Strategy A Low Fluidics Parameters Strategy. [Internet]. Published 2007. CRST Global. Available from: https://crstodayeurope.com/articles/2007-mar/0307_14-php/
12. Borkenstein AF, Borkenstein EM. Surgical experience with a redesigned, fully preloaded, hydrophobic acrylic intraocular lens in challenging cases of pseudoexfoliation syndrome, phacodonesis, and small pupils. *Clin Ophthalmology.* (Auckland, N.Z.). 2019; 13: 199–206. Doi.org/10.2147/OPTH.S194420
13. Fontana L, Coassin M, Iovieno A, Moramarco A, Cimino L. Cataract surgery in patients with pseudoexfoliation syndrome: current updates. *Clin Ophthalmol.* (Auckland, N.Z.). 2017; 11: 1377–1383. doi.org/10.2147/OPTH.S142870.
14. Shahid SM, Flores-Sánchez BC, Chan EW, Anguita R, Ahmed SN, Wickham L, et al. Scleral-fixated intraocular lens implants-evolution of surgical techniques and future devel-

- opments. *Eye* (London, England). 2021; 35(11): 2930–2961. doi.org/10.1038/s41433-021-01571-5
15. Ozturk E, Gunduz A. Optimal timing of capsular tension ring implantation in pseudoexfoliation syndrome. *Arq Bras Oftalmol*. 2021 Mar-Apr;84(2):158-162. doi: 10.5935/0004-2749.20210024.
16. Joshi RS, Singanwad SV. Frequency and surgical difficulties associated with pseudoexfoliation syndrome among Indian rural population scheduled for cataract surgery: Hospital-based data. *Indian J Ophthalmol*. 2019 Feb;67(2):221-226. doi: 10.4103/ijo.IJO_931_18.
17. Бездітко ПА, Мельник ВО, Колотілов СВ. Спектроскопічний аналіз внутрішньоочної рідини у пацієнтів з катарактою і глаукомою, асоційованою з псевдоексfolіативним синдромом. *Офтальмол. журн*. 2019; 2 (487): 3-6.
18. Melnyk VO, Palamar BI. Pseudoexfoliation Syndrome: Modern Concepts of Morphological and Clinical Manifestations, Classification, and Treatment (Готується до друку)
19. Sternfeld A, Luski M, Sella R, Zahavi A, Geffen N, Pereg A, et al. Diagnosis of Pseudoexfoliation Syndrome in Pseudophakic Patients. *Ophthalmic Res*. 2021;64(1):28-33. doi: 10.1159/000508336.

УДК 617.741-004.1-06:617.753.1:617.751.6]-089.85

Послідовність хірургії катаракти у дорослих пацієнтів із гіперметропією та амбліопією: результати операції в залежності від втручання на домінантному чи амбліопічному оці

Луценко Н. С., д-р мед. наук, професор; Ісакова О. А., канд. мед. наук, доцент;
Рудичева О. А., канд. мед. наук, доцент; Михальчик Т. С., канд. мед. наук

Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, Запоріжжя (Україна)

Комунальне некомерційне підприємство «Запорізька обласна клінічна лікарня» Запорізької обласної ради, Запоріжжя (Україна)

Visual outcomes of cataract surgery in adult patients with hyperopia and amblyopia with the dominant vs amblyopic eye operated on first

Lutsenko N.S., Isakova O.A., Rudycheva O.A., Mykhalchuk T.S.

Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University, Zaporizhzhia (Ukraine)

Municipal Non-Profit Enterprise "Zaporizhzhia Regional Clinical Hospital" of the Zaporizhzhia Region Council, Zaporizhzhia (Ukraine)

Резюме

Мета. Проаналізувати вплив послідовності хірургічного лікування катаракти (домінантне чи недомінантне око) на зорові результати у пацієнтів із супутньою гіперметропією та амбліопією.

Матеріал та методи. Проведено ретроспективне дослідження результатів хірургічного лікування катаракти у 40 дорослих пацієнтів (80 очей) з гіперметропією та амбліопією. Перша група – 28 пацієнтів (56 очей), у яких хірургію починали з амбліопічного ока. Пацієнти до-

датково були поділені на підгрупи. Група 1А – 17 пацієнтів (34 ока), до операції МКГЗ відрізнялася на двох очах не більше 0,1. Групу 1В склали 11 хворих (22 ока), що мали різницю МКГЗ між очима більш 0,1. До другої групи спостереження було включено 12 пацієнтів (24 ока), яким першим оперували домінантне око, а потім амбліопічне.

Результати. Після хірургічного втручання відбулася відповідна зміна як НКГЗ, так і МКГЗ, при цьому МКГЗ збільшилась у групі 1А з $0,25 \pm 0,08$ до $0,76 \pm 0,13$ ($P \leq 0,00001$), в групі 1В з $0,33 \pm 0,09$ до $0,54 \pm 0,07$ ($P = 0,00007$), а у групі 2 майже не змінилась (з $0,32 \pm 0,07$ до $0,33 \pm 0,06$, $P = 0,0678$). Оцінка кумулятивних показників гостроти зору виявила НКГЗ 0,7 та вище у 67% пацієнтів групи 1А, 0,5 та вище – у 68% пацієнтів групи 1В та гостроту зору 0,3–0,4 – у 96% пацієнтів 2-ї групи. Кумулятивні показники МКГЗ склали 0,7 та вище у 77% пацієнтів в групі 1А, 0,5 та вище – 86% пацієнтів в групі 1В, та 0,3–0,4 у 92% пацієнтів 2-ї групи.

Висновки. Послідовність оперативного втручання при катаракті має вирішальне значення: оперування амбліопічного ока першим створює умови для його активної участі у зоровому процесі, що підвищує ймовірність функціональної реабілітації, особливо при незначній різниці в ГЗ на доопераційному етапі між амбліопічним та домінантним оком.

Ключові слова: катаракта, факоемульсифікація, дорослі, гіперметропія, амбліопія, гострота зору, амбліопічне око, домінантне око, кришталик.

DOI: <https://doi.org/10.31288/UJO202612733>

UDC: 617.7

Corresponding Author: Nina S. Lutsenko, Dr Sc (Med) and Professor; Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University. Email: ninaluts2@gmail.com

Received 2025-12-19

Accepted 2026-02-01

Cite this article as: Lutsenko N.S., Isakova O.A., Rudycheva O.A., Mykhalchuk T.S. Visual outcomes of cataract surgery in adult patients with hyperopia and amblyopia with the dominant vs amblyopic eye operated on first. Ukrainian Journal of Ophthalmology. 2026;1:27-33.



This is an open access article under the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license

© Lutsenko N.S., Isakova O.A., Rudycheva O.A., Mykhalchuk T.S., 2026

Abstract

Purpose: To review the impact of the surgical eye sequence (dominant vs non-dominant first) on the visual outcomes of phacoemulsification with IOL implantation in patients with hyperopia and amblyopia.

Material and Methods: We retrospectively reviewed the clinical outcomes of 40 adult patients (80 eyes) with hyperopia and amblyopia who underwent surgery for cataract. Group 1 comprised 28 patients (56 eyes) in whom the amblyopic eye was operated on first. This group was subdivided into two subgroups. Subgroup 1A comprised 17 patients (34 eyes) with a baseline interocular best-corrected visual acuity (BCVA) difference of not more than 0.1. Subgroup 1B comprised 11 patients (22 eyes) with a baseline interocular BCVA difference of more than 0.1. Group 2 comprised 12 patients (24 eyes) in whom the dominant eye was operated on first and the amblyopic eye was operated second.

Results: After surgery, BCVA increased from 0.25 ± 0.08 to 0.76 ± 0.13 ($P \leq 0.00001$) in group 1A and from 0.33 ± 0.09 to

0.54 ± 0.07 ($P = 0.00007$) in group 1B, and hardly changed in group 2 (from 0.32 ± 0.07 to 0.33 ± 0.06 , $P = 0.0678$). A cumulative uncorrected visual acuity (UCVA) of 0.7 or better was achieved in 67% of patients in group 1A; 0.5-0.6 was achieved in 68% of patients in group 1B; and 0.3-0.4 was achieved in 96% of patients in group 2. A cumulative BCVA of 0.7 or better was seen in 77% of patients in group 1A; 0.5-0.6 was seen in 86% of patients in group 1B; and 0.3-0.4 was seen in 92% of patients in group 2.

Conclusion: The surgical eye sequence is critical in cataract surgery: operating on the amblyopic eye first creates the preconditions for its more active involvement in the visual process, which improves the chances for functional rehabilitation, especially in the presence of a small baseline interocular difference in visual acuity.

Keywords: cataract, phacoemulsification, adults, hyperopia, amblyopia, visual acuity, amblyopic eye, dominant eye, lens.

Вступ

Амбліопія – це функціональне порушення зору, що виникає внаслідок аномалій у процесі зорової стимуляції на ранніх етапах розвитку зорової системи, попри відсутність органічної патології сітківки або зорового шляху [1]. Однією із найчастіших форм є анізетропічна амбліопія, що виникає при значній різниці рефракції між двома очима, особливо у випадках високого ступеня гіперметропії. У таких пацієнтів, особливо якщо вони не користувались оптичною корекцією в дитинстві, розвивається стійке пригнічення імпульсів із ока, що слабше бачить, на рівні центральної нервової системи. Це зумовлює не лише зниження гостроти зору, а й порушення бінокулярного та стереоскопічного сприйняття [2, 3, 4].

У минулому вважалося, що після 7–9 років життя амбліопія стає незворотною. Проте сучасні уявлення про нейропластичність дорослого мозку дають підстави переглянути цю парадигму та свідчать про можливість часткового відновлення зорових функцій навіть у старшому віці. Так, на сьогодні існує метод терапевтичного лікування амбліопії у дорослих, де традиційні методи (оклюзія, пеналізація тощо) вже малоефективні – це перцептивне навчання. Доведено, що під впливом певних сенсорних стимулів можливе часткове або навіть суттєве покращення зорових функцій у даних пацієнтів [5]. Водночас з терапевтичними методами лікування анізетропічної амбліопії доведено ефективність хірургічних методів, які спрямовані на усунення аномалій рефракції від застосування ексимер-лазерних втручань на рогівці, імплантації факічних інтраокулярних лінз (ІОЛ) до заміни кришталика [6–9].

Однак складності в діагностиці та лікуванні зростають в ситуації, коли амбліопія поєднується з віковою катарактою. Зниження прозорості кришталика додатково погіршує зорове сприйняття, що особливо

критично для ока, яке вже має ослаблену функцію. Водночас, у таких клінічних випадках існує практична дилема: з якого ока слід розпочинати хірургічне лікування? З амбліопічного – з метою створити умови для його «активації»? Чи з домінантного – щоб одразу забезпечити максимально можливий зоровий результат на провідному оці?

На наш погляд, черговість операції може впливати на загальну адаптацію до зміненої оптичної системи ока за рахунок імплантації ІОЛ, стереозір та навіть суб'єктивне задоволення результатами лікування. Це питання є актуальним, потребує формування систематизованого алгоритму дії. Саме у цьому дослідженні нами було проаналізовано результати ФЕК з імплантацією інтраокулярної лінзи у пацієнтів із гіперметропією та амбліопією для визначення оптимальної послідовності втручання.

Мета роботи. Проаналізувати вплив послідовності хірургічного лікування катаракти (домінантне чи недомінантне око) на зорові результати у пацієнтів із супутньою гіперметропією та амбліопією.

Матеріал та методи

Дослідження проведено як ретроспективний клінічний аналіз результатів хірургічного лікування катаракти та амбліопії середнього ступеня. Спостереження охоплює період із 2021 по 2023 рік та проводилося на базі «Центру мікрохірургії ока» КУ ЗОКЛ ЗОР. Оцінювалися дані 40 пацієнтів (80 очей) віком від 36 до 64 років.

Пацієнти були розділені на дві основні групи спостереження залежно від того, яке око оперували першим – амбліопічне чи домінантне. Так, першу групу склали 28 пацієнтів (56 очей), у яких зорову реабілітацію починали з хірургії амбліопічного ока. Всіх па-

цієнтів даної групи додатково поділили на підгрупи в залежності від вихідних значень гостроти зору. А саме, група 1А – 17 пацієнтів (34 ока) мали до операції максимально кориговану гостроту зору (МКГЗ), що відрізнялася на двох очах не більше 0,1. Решта пацієнтів складала групу 1В – 11 хворих (22 ока), що мали різницю МКГЗ між очима більш 0,1. До другої групи спостереження було включено 12 пацієнтів (24 ока), яким першим оперували домінантне око, а потім амбліопічне.

Основні критерії включення в дослідження були наступні: наявність вікової незрілої катаракти на обох очах, супутня гіперметропія середнього або високого ступеня ($\geq +3,0$ Д), амбліопія середнього або слабого ступеня (критерієм амбліопії була наявність стійкого зниження МКГЗ одного ока при відсутності органічної патології зорового аналізатора, яке спостерігалось з дитячого віку. Амбліопія слабого ступеня відповідала МКГЗ 0,6–0,8, середнього ступеня – 0,3–0,5). Водночас, косоокість із маніфестними девіаціями, супутня патологія сітківки або зорового нерва, операції на очах в анамнезі, психоемоційна нестабільність або недотримання післяопераційного режиму стали критеріями виключення з дослідження. Наявність ознак психоемоційної нестабільності визначалася під час клінічного опитування та огляду за поведінковими та емоційними проявами (тривожність, агресивність, неуважність, неможливість співпраці).

Усім пацієнтам було проведено факоемульсифікацію катаракти (ФЕК) з імплантацією монофокальної ІОЛ по стандартній методиці з використанням мультимодальної анестезії. Вибір ІОЛ здійснювався за результатами УЗ та/або оптичної біометрії та передбачав еметропічну заплановану рефракцію. В усіх випадках

наявності астигматизму більш 0,75 Д використовували торичні ІОЛ. Інтервал між першим і другим етапом хірургічного втручання становив 1–3 місяці залежно від динаміки зорових функцій та адаптації пацієнта в післяопераційному періоді. Відповідно оцінку ефективності лікування проводили через три місяці після хірургії на основі аналізу некоригованої гостроти зору (НКГЗ), МКГЗ, отриманої рефракції та стану біноклярного зору в порівнянні з вихідними показниками.

Обробку статистичних даних здійснювали за допомогою програми Statistica 10 із розрахунком непараметричних показників. Для порівняння очей до операції використовували непараметричний критерій Манна-Уїтні. Для оцінки змін до та після операції використовували критерій Вілкоксона для парних виборок. В усіх випадках порогом статистичної значущості було $p \leq 0,05$.

Результати

Ми проаналізували зорові результати операції з видалення катаракти з імплантацією ІОЛ в очах з різним ступенем гіперметропії та амбліопії. У пацієнтів з міжочковою різницею довжини більш 1,0 мм та або різницею рефракції більш 2,0 Дітр амбліопія розцінювалася як імовірно анізетропічного генезу (табл. 1).

Як бачимо із представленої таблиці, різниця осьової довжини між парними очима в першій групі складала в середньому 0,84 мм ($P=0,00001$), в другій – 0,64 мм ($P=0,0005$), при цьому аксіальна довжина ока в усіх випадках була менш ніж 22 мм та відповідала гіперметропічній рефракції. Середні показники сферичної оптичної сили ІОЛ достовірно відрізнялися на 3,0 Д та 2,54 Д між очима в різних групах спостереження від-

Таблиця 1. Біометричні показники досліджуваних груп ($ME \pm SD$, діапазон)

Параметри	1 група		2 група	
	Амбліопічне око	Домінантне око	Амбліопічне око	Домінантне око
Осьова довжина (мм)	20,91 $\pm$ 0,84 (19,13–22,36)	21,75 $\pm$ 0,56 (20,21–22,84) $P=0,00001$	20,98 $\pm$ 0,66 (19,89–22,36) $P1=0,84$	21,62 $\pm$ 0,12 (20,21–22,36) $P=0,0005$ $P1=0,82$
Передня камера (мм)	2,21 $\pm$ 0,14 (2,07–2,76)	2,62 $\pm$ 0,18 (2,22–3,15) $P=0,0000$	2,17 $\pm$ 0,08 (2,04–2,36) $P1=0,86$	2,52 $\pm$ 0,04 (2,12–2,88) $P=0,00000$ $P1=0,78$
Кришталік (мм)	5,31 $\pm$ 0,41 (3,5–5,91)	5,04 $\pm$ 0,19 (4,66–5,56) $P=0,00005$	5,27 $\pm$ 0,48 (3,5–5,91) $P1=0,78$	5,04 $\pm$ 0,04 (4,8–5,56) $P=0,0004$ $P1=0,84$
Розрахункова ІОЛ (Д)	30,72 $\pm$ 3,54 (23,5–36,0)	27,72 $\pm$ 02,18 (24,0–32,5) $P=0,0004$	30,61 $\pm$ 2,76 (25,0–34,5) $P1=0,83$	28,07 $\pm$ 0,55 (24,0–34,0) $P=0,0027$ $P1=0,97$

Примітка: P – рівень статистичної значущості за критерієм Манна-Уїтні між амбліопічним і домінантним оком; P1 – рівень статистичної значущості між 1-ю та 2-ю групою; ME – медіана показника, SD – стандартне відхилення.

повідно. Водночас, аналіз вихідних даних анатомічних показників домінантних очей та окремо амбліопічних очей в двох групах спостереження ймовірно не відрізнялись, як і діоптрична сила ІОЛ, що свідчить про однакові тенденції до формування передбачуваної анізотропічної амбліопії.

Всі хірургічні втручання в двох групах спостереження проведені без інтра- та післяопераційних ускладнень, середня похибка прогнозованої рефракції не перевищувала 0,5 Д та коливалася в межах від 0,11 до 0,75 Д, що і обумовило різницю між коригованою і некоригованою гостротою зору.

В подальшому представляло наукову зацікавленість вивчення ефективності тактики хірургічного лікування в залежності від послідовності проведення ФЕК з імплантацією ІОЛ, при цьому НКГЗ та МКГЗ визначена нами як основні критерії. Отримані дані наведені в таблицях 2 і 3.

Як бачимо з представлених даних, після хірургічного втручання відбулося достовірне покращення НКГЗ в усіх групах спостереження, проте найбільш значуща позитивна динаміка спостерігалась у групі 1А на амбліопічному оці ($\Delta=+0,56$), що вказує на максимальне відновлення зорових функцій при мінімальній різниці вихідного зору між двома очима. Та, навпаки, у групі

2, де амбліопічне око оперувалося другим, ефект був найменшим ($\Delta=+0,10$).

Що стосується показників МКГЗ, то тільки в 1 групі спостереження досягнуто статистично значущого приросту цих показників на амбліопічному оці, що дозволяє припустити сприятливий ефект раннього втручання саме на слабшому оці. В той час, як у групі 2 змін МКГЗ на амбліопічному оці в післяопераційному періоді фактично не спостерігалось ($p=0,0678$).

В той час, як у групі 2 змін МКГЗ на амбліопічному оці в післяопераційному періоді фактично не спостерігалось ($p=0,0678$), у групі 1В ефект відновлення зорових функцій був помірний та також статистично значущий ($P\leq 0,05$).

З урахуванням того, що хірургія катаракти на домінантному оці у всіх групах спостереження показала максимальну ефективність, тобто повне відновлення гостроти зору як некоригованої, так і з корекцією до одиниці, то виникали питання стосовно кількісних показників зорових функцій на амбліопічних очах. Ці дані також покращилися в порівнянні з вихідним станом, але наскільки? З цією метою проведено аналіз кумулятивної гостроти зору (НКГЗ та МКГЗ) на всіх амбліопічних очах, де ми вважали, що зір 0,7 та вище –

Таблиця 2. Показники некоригованої гостроти зору у групах (M±SD)

Група	Око	До операції	Після операції	Рівень статистичної значущості (P)
Група 1А	амбліопічне	0,15±0,09	0,71±0,11	≤ 0,00001
	домінантне	0,29±0,07	0,96±0,05	≤ 0,00001
Група 1В	амбліопічне	0,15±0,09	0,51±0,08	= 0,000006
	домінантне	0,51±0,07	0,96±0,06	= 0,00004
Група 2	амбліопічне	0,22±0,09	0,32±0,07	= 0,0014
	домінантне	0,50±0,11	0,95±0,05	= 0,000018

Примітка: P – рівень статистичної значущості за критерієм Вілкоксона, M – середнє арифметичне значення, SD – стандартне відхилення.

Таблиця 3. Показники максимально коригованої гостроти зору у групах (M±SD)

Група	Око	До операції	Після операції	Рівень статистичної значущості (P)
Група 1А	амбліопічне	0,25±0,08	0,76±0,13	≤0,00001
	домінантне	0,33±0,06	0,98±0,03	≤0,00001
Група 1В	амбліопічне	0,33±0,09	0,54±0,07	=0,00007
	домінантне	0,81±0,10	0,99±0,03	=0,00011
Група 2	амбліопічне	0,32±0,07	0,33±0,06	=0,0678
	домінантне	0,58±0,08	0,99±0,02	=0,000018

Примітка: P – рівень статистичної значущості за критерієм Вілкоксона, ME – медіана показника, SD – стандартне відхилення.

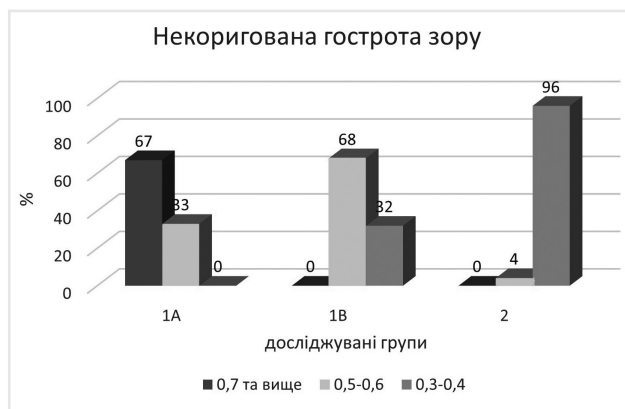


Рис. 1. Кумулятивні показники некоригованої гостроти зору на амбліопічних очах після операції.

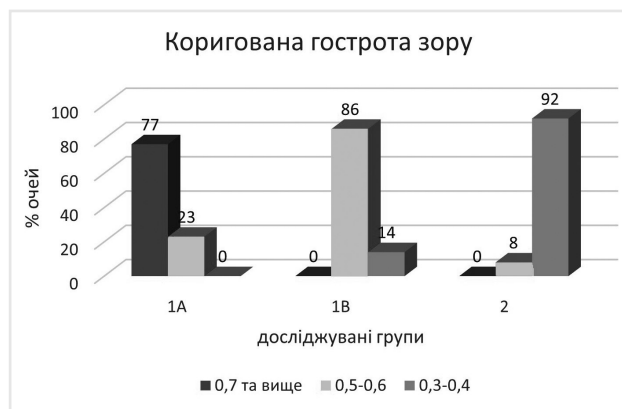


Рис. 2. Кумулятивні показники максимально коригованої гостроти зору на амбліопічних очах після операції.

максимальний результат, 0,5–0,6 – середній, та 0,3–0,4 – мінімальний. Дані представлені на рисунках 1 і 2.

Як бачимо з представлених даних, в групі 1А виявлений найвищий приріст як НКГЗ, так і МКГЗ від 0,5 та вище. Так, максимальний результат досягнутий відповідно у 67% та 77% випадків, та середній результат – у 33% і 23% випадків відповідно. Таким чином, пацієнти з наближеними показниками ГЗ між очима до операції мають вищу пластичність бінокулярної системи. Водночас, хірургія амбліопічного ока на ранньому етапі створює умови для його інтеграції в зорову систему, перш ніж мозок «переобере» провідне око. Ці дані свідчать, що навіть у дорослих при помірній амбліопії і мінімальній анізотропії можливо досягнути функціонального відновлення зору при правильній тактиці хірургічного лікування.

У групі спостереження 1В, де операція на амбліопічному оці також проводилася першою, але різниця в доопераційній ГЗ була суттєвою, також спостерігалася достовірне покращення, але воно було меншим. Так, НКГЗ та МКГЗ 0,6–0,5 отримали 68% та 86% пацієнтів відповідно, решта мали зір 0,3–0,4 – 34% пацієнтів без корекції та 23% – з додатковою корекцією. Максимальної ГЗ не досягнуто в жодному випадку. Тобто при великій різниці в ГЗ між очима до операції амбліопічне око має нижчий потенціал активації. Але навіть за цих умов операція на такому оці, яка була зроблена першою, дозволяє частково реалізовувати потенціал нейропластичності. Це важливо для пацієнтів, у яких ГЗ домінантного ока в післяопераційному періоді максимально наближалася до ГЗ відновленого амбліопічного ока та вони мали мінімальну різницю між собою. В таких випадках було доцільним проводити другу операцію відстрочено (від 1 до 3 місяців).

Остання, 2-га група спостереження, де оперували першим домінантне око, показала найменше покращення зору на амбліопічному оці. А саме тільки в 4% та 8% випадків досягли показників 0,5–0,6 НКГЗ та МКГЗ відповідно, а в більшості випадків (96% та 92% відповідно) мали 0,3–0,4. Таким чином, хірургія домі-

нантного ока першою викликає швидке нейросенсорне закріплення обробки зорової інформації саме з нього. Разом з тим, амбліопічне око після цього ще сильніше пригнічується ЦНС, навіть якщо оптично вже відновлено та має еметропічну рефракцію. Це особливо потрібно враховувати у пацієнтів із супутньою анізотропією, які не користувалися екстраокулярною корекцією раніше – їх мозок звичний обробляти зображення одного ока та легко закріплює таку модель.

Обговорення

Попри технічну успішність факоемульсифікації у пацієнтів з катарактою, відновлення функції амбліопічного ока залишається непередбачуваним [10, 11]. Це пояснюється кількома факторами. По-перше, сенсорна домінантність мозку, яка формується в дитячому віці, зберігається навіть при покращенні фізичного зорового сигналу. В таких випадках амбліопічне око не включається у зоровий процес навіть після операції внаслідок бінокулярної пригніченості [12]. По-друге, індивідуальна нейропластичність – у частини пацієнтів зберігається здатність зорової кори до адаптації, тоді як в інших вона пригнічена роками та не може адаптуватися до нових сенсорних умов [13]. А по-третє – відсутність чітких прогностичних критеріїв, що дозволяють наперед оцінити потенціал відновлення зору для кожного конкретного пацієнта, а також прогнозувати стабільність отриманого результату [14]. В нашому дослідженні ми не вивчали прогностичні критерії щодо відновлення зорових функцій при хірургії амбліопічних очей, але довели, що послідовність операції при двобічній катаракті у пацієнтів з супутньою амбліопією та гіперметропією має суттєве значення для кінцевої зорової функції. Найкращі показники, як НКГЗ, так і МКГЗ зафіксовані нами у пацієнтів групи 1А, де першим було прооперовано амбліопічне око, а передопераційна різниця між очима не перевершувала 0,1.

Отримані нами результати узгоджуються з літературними даними про можливість відновлення функції амбліопічного ока у дорослих пацієнтів [11,15,16]. У

класичних клінічних спостереженнях та оглядах описано випадки спонтанного покращення гостроти зору на амбліопічному оці, що виникало внаслідок втрати функції домінантного ока через різні захворювання або травматичні ураження. Передбачається, що в таких ситуаціях мозок вимушено переключається на використання слабшого ока, що призводить до часткової реактивації зорових функцій. Однак такі випадки були непрогнозованими, ефект – непередбачуваним, а ступень покращення варіював від мінімального до клінічно значущого та залежав від вихідного функціонального стану органа зору. На відміну від цього «пасивного» сценарію, у нашому дослідженні покращення функцій амбліопічного ока було досягнуто цілеспрямованим втручанням. А саме, виконана ФЕК з імплантацією ІОЛ на слабшому оці дозволила досягти статистично достовірного приросту НКГЗ та МКГЗ. Так, у групі ІА післяопераційна НКГЗ в амбліопічних очах зросла з $0,15 \pm 0,09$ до $0,71 \pm 0,11$ ($p \leq 0,0001$). Для порівняння, у другій групі зміни були мінімальними і статистично менш значущими.

Таким чином, наші дані підтверджують висновки попередніх досліджень про наявність залишкової нейропластичності зорової системи у дорослих пацієнтів, але водночас демонструють, що цей механізм можна активувати в контрольованих умовах за допомогою правильно обраної хірургічної тактики. Це відкриває нові перспективи для лікування пацієнтів із поєднанням катаракти та амбліопії, що раніше вважалося малоперспективним у плані зорової реабілітації. Серед обмежень нашого спостереження слід визначити необхідність залучення більшої кількості пацієнтів.

Висновки

Факоемультсифікація катаракти у пацієнтів з амбліопією у дорослому віці забезпечує клінічно значуще покращення функціональних результатів. Покращення гостроти зору в амбліопічному оці свідчить про збереження залишкової нейропластичності дорослої зорової системи. Послідовність оперативного втручання при катаракті має вирішальне значення: оперування амбліопічного ока першим створює умови для його активнішої участі у зоровому процесі, що підвищує ймовірність функціональної реабілітації, особливо при незначній різниці в ГЗ на доопераційному етапі між амбліопічним та домінантним оком.

Авторський внесок

Луценко Н.С. – концептуалізація, методологія, нагляд, проведення досліджень, аналіз та інтерпретація даних, написання початкового проєкту, рецензування та редагування. Ісакова О.А. – методологія, проведення досліджень, аналіз та інтерпретація даних, підготовка початкового проєкту, рецензування та редагування. Рудичева О.А. – аналіз та інтерпретація даних, редагування. Михальчик Т.С. – проведення досліджень та аналіз даних. Усі автори проаналізували результати та погодили кінцевий варіант рукопису.

Фінансування

Стаття є частиною науково-дослідницької роботи за тематикою: «Діагностика та комплексне лікування хірургічних, урологічних, онкологічних, офтальмологічних і отоларингологічних хвороб під час військових дій та після воєнного відновлення України». Реєстраційний номер № 0125U002629.

Конфлікти інтересів

Автори засвідчують про відсутність конфлікту інтересів, які б могли вплинути на їхню думку стосовно предмету чи матеріалів, описаних та обговорених в даному рукописі.

Відмова від відповідальності

Погляди, висловлені в поданій статті, є власними, а не офіційною позицією установи або спонсора.

Етичне схвалення досліджень за участю людей

Дослідження проводилося за участю людей. Це дослідження було схвалено місцевим комітетом з біоетики. Усі пацієнти дали інформовану згоду на участь у дослідженні. Дослідження було проведено згідно з Гельсінською декларацією. Це дослідження не включало експерименти на тваринах.

Інформована згода

Інформована згода була отримана від усіх індивідуальних учасників, включених у дослідження.

Заява про доступність даних

Всі дані, отримані або проаналізовані під час цього дослідження, включені в цю опубліковану статтю.

Скорочення

Д – діоптрія, ІОЛ – інтраокулярна лінза, ФЕК – факоемультсифікація катаракти, МКГЗ – максимальна коригована гострота зору, НКГЗ – некоригована гострота зору, Δ – абсолютна зміна показників гостроти зору.

Література

1. Taylor K, Elliott S. Interventions for strabismic amblyopia. *Cochrane Database Syst Rev*. 2014 Jul 23;2014(7):CD006461. doi: 10.1002/14651858.CD006461.pub4
2. Hashemi H., Pakzad R., Yekta A.A., Bostamzad P., Aghamirsalam M., Sardari S. et al. Global and regional estimates of prevalence of amblyopia: A systematic review and meta-analysis. *Strabismus*. 2018;26:168–183. doi: 10.1080/09273972.2018.1500618.
3. Levi DM, Knill DC, Bavelier D. Stereopsis and amblyopia: A mini-review. *Vision Res*. 2015 Sep;114:17–30. doi: 10.1016/j.visres.2015.01.002.
4. Haraguchi, Y.; Cakir, G.B.; Shaikh, A.; Ghasia, F. Binocular and Fellow Eye Acuity Deficits in Amblyopia: Impact of Fixation Instability and Sensory Factors. *J. Eye Mov. Res*. 2025, 18, 20. <https://doi.org/10.3390/jemr18030020>
5. Hou, C., Nicholas, S.C. Perceptual learning with dichoptic attention tasks improves attentional modulation in V1 and IPS and reduces interocular suppression in human amblyopia. *Sci Rep* 12, 9660 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13747-4>

6. Cavuoto KM, Chang MY, Heidary G, Morrison DG, Trivedi RH, Binenbaum G et al. Effectiveness of Laser Refractive Surgery to Address Anisometropic Amblyogenic Refractive Error in Children: A Report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology*. 2022 Nov;129(11):1323-1331. doi: 10.1016/j.ophtha.2022.06.022
7. Iqbal M, Mahmoud A, Zarif M, Gad A. Surgical versus optical treatment for anisometropia in adults: A randomized controlled trial. *Med Hypothesis Discov Innov Optom*. 2020 Fall; 1(2): 57-66 <https://doi.org/10.51329/mehdioptometry109>
8. Morya AK, Kaur K, Gurnani B, Janti SS, Shrivastava AK, Tejaswini A, Sinha A, Venkatesh D. A clinical trial on phakic intraocular lens for the treatment of refractive amblyopia in children and adolescents. *Indian J Ophthalmol*. 2023 Mar;71(3):804-809. doi: 10.4103/IJO.IJO_2567_22
9. Sun E, Kraus CL. Clear lens extraction and refractive lens exchange for the treatment of amblyopia. *Saudi J Ophthalmol*. 2023 Jul 24;38(3):195-200. doi: 10.4103/sjopt.sjopt_72_23
10. Hale JE, Murjane S, Frost NA, Harrad RA. How should we manage an amblyopic patient with cataract? *Br J Ophthalmol*. 2006 Feb;90(2):132-3. doi: 10.1136/bjo.2005.080689
11. Chan TCY, Lam JKM, Ng ALK, Ye C, Jhanji V. Visual outcomes after cataract surgery in adults with presumed amblyopia and anisomyopia. *Acta Ophthalmol*. 2017 Sep;95(6):e515-e516. doi: 10.1111/aos.13107
12. Barrett BT, Panesar GK, Scally AJ, Pacey IE. A limited role for suppression in the central field of individuals with strabismic amblyopia. *PLoS One*. 2012;7(5):e36611. doi: 10.1371/journal.pone.0036611.
13. Levi DM. Rethinking amblyopia 2020. *Vision Res*. 2020 Nov;176:118-129. doi: 10.1016/j.visres.2020.07.014
14. Ohlsson J, Baumann M, Sjöstrand J, Abrahamsson M. Long term visual outcome in amblyopia treatment. *Br J Ophthalmol*. 2002 Oct;86(10):1148-51. doi: 10.1136/bjo.86.10.1148
15. Echavarri-Leet MP, Resnick HH, Bowen DA, Goss D, Bear MF, Gaier ED. Spontaneous recovery from amblyopia following fellow eye vision loss: a systematic review and narrative synthesis. *J AAPOS*. 2024 Aug;28(4):103971. doi: 10.1016/j.jaapos.2024.103971
16. Naomi Shehara Wijesingha, Jack Bradbury, Shafi Balal, Anant Sharma; Cataract surgery outcomes in patients with amblyopia. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci*. 2022;63(7):2871 – F0008.

УДК 617.713.5-007.17-018.74

On the possibility of neoplastic growth of the descemet's corneal endothelium

Artemov A. V.¹, Lytvynenko M. V.², Kovalchuk L. Y.³, Larson L. M.², Kotiuzhynska S. G.², Chebotarova S. O.², Koshelnyk O. L.², Petrusenko I. M.², Gargin V. V.^{4,5}, Lunyov V. Ye.⁶

¹ SI «The Filatov Institute of Eye Diseases and Tissue Therapy of NAMS of Ukraine», Odessa (Ukraine)

² Odessa National Medical University, Odessa (Ukraine)

³ International Humanitarian University, Odesa (Ukraine)

⁴ Kharkiv National Medical University, Kharkiv (Ukraine)

⁵ Kharkiv International Medical University, Kharkiv (Ukraine)

⁶ O.O. Bogomolets National Medical University, Kyiv (Ukraine)

Щодо можливості неопластичного росту ендотелію десцеметової оболонки рогівки

Артемов О. В.¹, Литвиненко М. В.², Ковальчук Л. Й.³, Ларсон Л. М.², Котюжинська С. Г.², Чеботарова С. О.², Кошельник О. Л.², Петрусенко І. М.², Гаргін В. В.^{4,5}, Луньов В.Є.⁶

¹ ДУ «Інститут очних хвороб та тканинної терапії ім. В.П. Філатова НАМН України», Одеса (Україна)

² Одеський національний медичний університет, Одеса (Україна)

³ Міжнародний гуманітарний університет, Одеса (Україна)

⁴ Харківський національний медичний університет, Харків (Україна)

⁵ Харківський міжнародний медичний університет, Харків (Україна)

⁶ Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Київ (Україна)

Abstract

Background. The tumor process inside the eye covers most of the inner perimeter: from the iris to the optic nerve head. At the same time, there is a little information about neoplastic

changes of Descemet's endothelium although the cells of this tissue prone to proliferation and pathological tissue growths.

Aim. To present a histomorphological picture of unusual proliferation of the Descemet's endothelium, which had some signs of a neoplasm.

Materials and Methods. The histomorphological picture of a unique pathological process was studied in 40 serial sections of the eyeball. The histological picture was compared with the clinical one.

Results. Histomorphological examination revealed obliteration of the iridocorneal angle with fibrosis-hyalinosis of the drainage zone and neoplastic changes inside the eye: a cavernous hemangioma, neoplastic complexes of flattened round-oval non-pigmented cells in the zonule of Zinn, in the anterior chamber; on the anterior surface of the iris and identical cell complexes along the surface of Descemet's membrane.

Conclusions. For the first time, emphasis was placed on the possibility of a neoplastic process in the endothelium of Descemet's membrane, the implementation of which is extremely difficult due to the absence of a stromal-vascular pool in this tissue system.

Keywords: posterior corneal epithelium, neoplastic proliferation, intraocular tumors, cornea.

DOI: <https://doi.org/10.31288/UJO202613439>

UDC: 617.7

Corresponding author: Artemov A.V., Head of the Laboratory of Pathomorphological and Electron Microscopy Research SI "The Filatov institute of eye diseases and tissue therapy NAMS Ukraine" 49/51, French bulvar, Odessa, Ukraine, 61061. E-mail address - art_onkol@ukr.net.

Received 2025-08-22

Accepted 2025-12-27

Cite this article as: Artemov A.V., Lytvynenko M.V., Kovalchuk L.Y., Larson L.M., Kotiuzhynska S.G., Chebotarova S.O., Koshelnyk O.L., Petrusenko I.M., Gargin V.V. On the possibility of neoplastic growth of the descemet's corneal endothelium. Ukrainian Journal of Ophthalmology. 2026;1:34-39.



This is an open access article under the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license

© Artemov A.V., Lytvynenko M.V., Kovalchuk L.Y., Larson L.M., Kotiuzhynska S.G., Chebotarova S.O., Koshelnyk O.L., Petrusenko I.M., Gargin V.V., Lunyov V.Ye., 2026

Резюме

Обґрунтування. Пухлинний процес всередині ока охоплює більшу частину внутрішнього периметра: від райдужної оболонки до диска зорового нерва. Водночас, інформації про неопластичні зміни ендотелію десцеметової оболонки мало, хоча клітини цієї тканини схильні до проліферації та патологічного розростання.

Мета. Представити гістоморфологічну картину незвичайної проліферації ендотелію десцеметової оболонки, яка мала деякі ознаки новоутворення.

Матеріали та методи. Гістоморфологічну картину унікального патологічного процесу вивчали на 40 серійних зрізах очного яблука. Гістологічну картину порівнювали з клінічною.

Introduction

Among intraocular tumors, the most common are tumors of the choroid and retina. From the standpoint of histotopography, the tumor process inside the eye covers most of the inner perimeter: from the drainage zone and iris to the optic nerve head [1]. At the same time, there is limited information about tumors of the posterior corneal epithelium or lens epithelium, although the cells of these tissue structures are subject to proliferation with the formation of various pathological tissue growths of a non-tumor nature [2].

The absence of a tendency to neoplastic transformation in certain tissues may be due to resistance to mutations in pro- and antiapoptotic genes that control oncogenesis. Thus, according to the famous hypothesis of Alfred Knudson [3, 4], endogenous and exogenous carcinogenic factors that affect the body during life are triggered by the presence of a congenital mutation, which thus creates a predisposition to neoplasm. To a certain extent, this explains why not all tissues in the body become sources of neoplastic growth, despite equal exposure to carcinogenic effects throughout life and the presence of proliferative abilities of their cells. For example, eye tumors, whose source would be ganglion and bipolar cells of the retina, are not known. At the same time, photoreceptor cells of the retina, which are practically not involved in proliferative processes inside the eye, are the source of the well-known retinoblastoma [5, 6].

At the same time, an inherited tendency to tumor transformation is not yet a guarantee that a tumor will develop in a given tissue over time. Understanding this, in particular, is facilitated by studying the relationships between various cellular and tissue systems inside the eye. For example, the epithelium of the lens capsule, the ciliary epithelium, and the posterior epithelium of the cornea are completely isolated from the stroma and vessels, which in most integumentary epithelia of the body are located in the proper sheet (substantia propria). The absence of stromal-vascular territory deprives the tumor cells of the opportunity to form tumor tissue, condemning individual tumor cell complexes to inevitable death. The mechanism of this

Результати. Гістоморфологічне дослідження виявило облітерацію іридокорнеального кута з фіброзно-гіалінозом дренажної зони та неопластичні зміни всередині ока: кавернозна гемангіома, неопластичні комплекси сплюснених кругло-овальних непігментованих клітин у зоні Цинна, у передній камері, на передній поверхні райдужної оболонки та ідентичні клітинні комплекси вздовж поверхні десцеметової оболонки.

Висновок. Вперше було зроблено акцент на можливості неопластичного процесу в ендотелії десцеметової мембрани, реалізація якого надзвичайно складна через відсутність стромально-судинного пулу в цій тканинній системі.

Ключові слова: задній епітелій рогівки, неопластична проліферація, внутрішньоочні пухлини, рогівка.

death is associated with a completely predictable loss of contacts between individual cells, which initiates one of the variants of apoptosis - anoikis [7].

Also, great difficulties in the formation of stromal-cellular contacts arise at the initial stages of the formation of tumors of the retinal pigment epithelium and retinoblastoma. Until the cellular elements of these neoplasms penetrate into the adjacent vascular-stromal territories, which for them are the vascular membrane of the eye and the inner layers of the retina, respectively, they cannot acquire the morphological characteristics of real neoplasms. Thus, isolated retinoblastoma complexes that have not gone beyond the outer nuclear layer of the retina can often be seen during histomorphological examination as foci of necrosis impregnated with calcium salts. The same small complexes of retinal pigment epithelium cells on the surface of Bruch's membrane, which do not have the features of a real neoplasm due to the absence of stroma and vessels, are described by some authors as accidental findings [8].

Thus, in accordance with the presented circumstances, it is difficult to imagine how a tumor can be created from the posterior corneal epithelium, although in the presence of appropriate neoplastic predetermination (which is neither confirmed nor refuted), one can assume the emergence, under certain conditions, the patterns of neoplastic proliferation similar to those described in the initial stages of the development of tumors of the retinal pigment epithelium.

Aim. Using a unique observation as an example, we would like to present a histomorphological picture of unusual proliferation of the posterior corneal epithelium (Descemet's endothelium) with signs of neoplasm.

Material and Methods

The analysis of the histomorphological picture of a unique pathological process is based on the study of surgical material - an enucleated eye, which was removed due to irreversible loss of vision against the background of secondary glaucoma and a tendency to the development of atrophy. The material was processed using a traditional

histological technique, sections were prepared from paraffin blocks, and standard staining with Harris hematoxylin and eosin was used [9, 10]. For the study, 44 serial sections were made from blocks with different orientations of fragments of the eyeball. The histological picture was compared with the clinical one.

Results

The basis for this study was an unusual clinical observation associated with a 60-year-old female patient who, against the background of secondary glaucoma treated with laser exposure to the irido-ciliary zone and surgical intervention, including basal iridectomy, developed a tendency to atrophy of the left eyeball. As a result of the developed cataract and glaucomatous neuroretinopathy, the eye became blind and was enucleated. Histomorphological examination of the anterior part of the eye revealed obliteration of the iridocorneal angle against the background of fibrosis-hyalinosis of the drainage zone, which is characteristic of a neglected glaucomatous process (Fig. 1).

Along with changes in the iridocorneal zone, neoplastic changes were detected inside the eye, which were not established during clinical observation due to the opacity of the ocular media. At the same time, their presence largely explains the cause of the progression of atrophic changes in the eye.

The first, most obvious, neoplastic process detected during histomorphological examination was a cavernous hemangioma node. The tumor prominence was up to 2 mm, the extension along the sclera was from the serrated line to the equator of the eyeball. The pigment epithelium above the tumor node was largely desquamated, and its fragments were involved in multiple serous-hemorrhagic subretinal exudates with fibrin deposition (Fig. 2). Similar exudates were present on the retinal surface near the ser-

rated line, as well as in the anterior and posterior chambers of the eye.

The formation of serous-hemorrhagic exudates, including those with fibrin admixture, is characteristic of cavernous hemangioma. However, some of them contained neoplastic complexes of flattened round-oval non-pigmented cells. The presence of these cell complexes cannot be explained by the presence of hemangioma. Thus, the largest accumulation of neoplastic cells was found in the zonule of Zinn, as well as in the anterior chamber and on the anterior surface of the iris (Figs. 3 and 4).

The origin of these complexes becomes clear in connection with the detection of neoplastic proliferation on the posterior surface of the cornea in a number of serial sections. Cellular complexes similar to those described above were distributed along the surface of Descemet's membrane in the form of a convex strand up to 300 μ m thick (Fig. 5-6). This neoplastic formation began at some distance from the angle of the anterior chamber (at least 2-3 mm) and had a length of up to 5-6 mm.

The posterior corneal epithelium is a tissue system that is not renewed throughout life, but only regularly undergoes apoptotic elimination, as a result of which the number of endothelial monolayer cells decreases exponentially [11, 12]. At the same time, already in the middle of the last century, high proliferative abilities of corneal endothelial cells were established, which are realized in various pathological processes in the anterior part of the eye; trauma (including postoperative), corneal burns, various inflammatory processes in the inner layers of the eye [13-16]. The proliferation of endothelial cells is accompanied by the formation of collagenous-fibrous tissue, which is sometimes difficult to distinguish histologically from normal corneal stroma. At the same time, on the side opposite the posterior surface of the cornea, a Descemet-like hyaline membrane is often formed. These formations are well

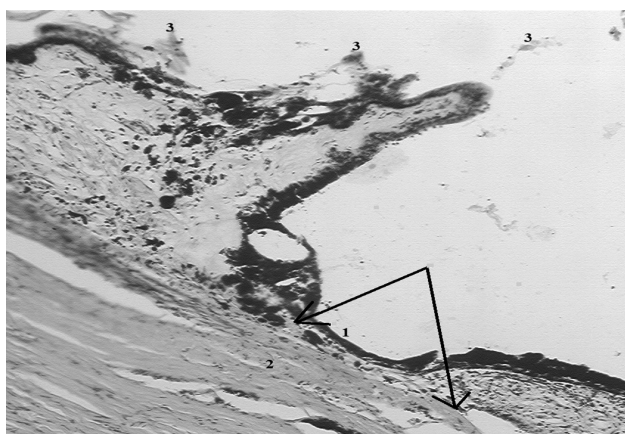


Fig. 1. Closure of the anterior chamber angle by the root of the iris (1), the extent of synechia is indicated by arrows. The drainage zone (2) is obliterated, on the processes of the ciliary body and in the posterior chamber, there are small accumulations of fibrin-like masses (3). Magnification 200X.

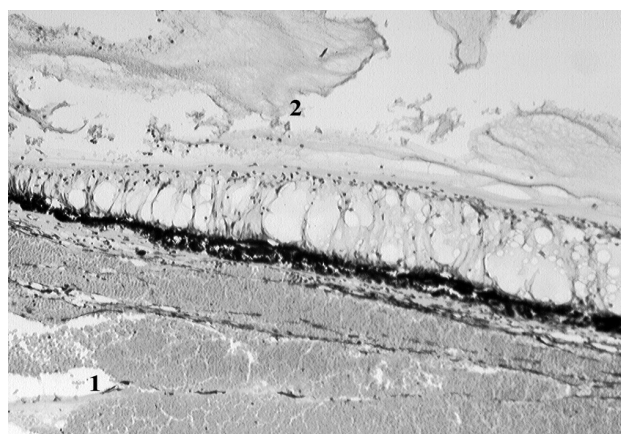


Fig. 2. Cavernous hemangioma of the choroid - cavernous dilated vessels (1) near the ora serrata. Above the cystically altered retina there is an accumulation of fibrin-like masses (2). Magnification 200X.

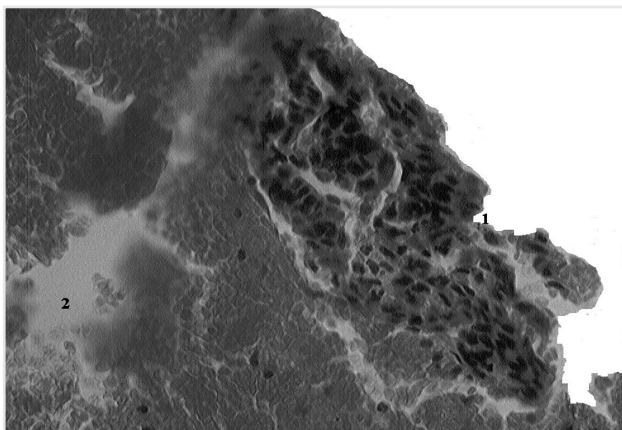


Fig. 3. Complexes of cells of neoplastic nature (1) among erythrocytes and small fibrin deposits (2) near zonule of Zinn. Magnification 200X

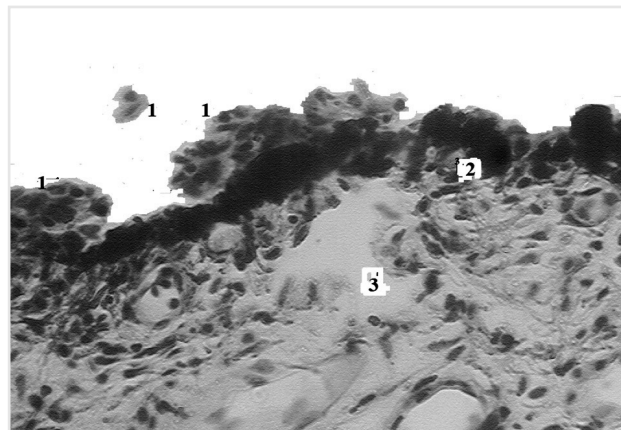


Fig. 4. Complexes of round-oval non-pigmented cells (1) on the surface of the anterior pigmented epithelium (2) of the iris (3). Magnification 200X.

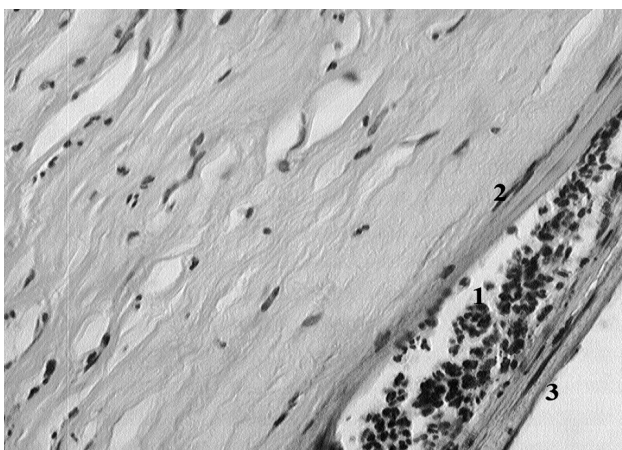


Fig. 5. Tumor-like proliferation of round-oval cells (1) on the surface of Descemet's membrane (2); a membrane-like structure is visible medially from the proliferation (3). Magnification 200X.

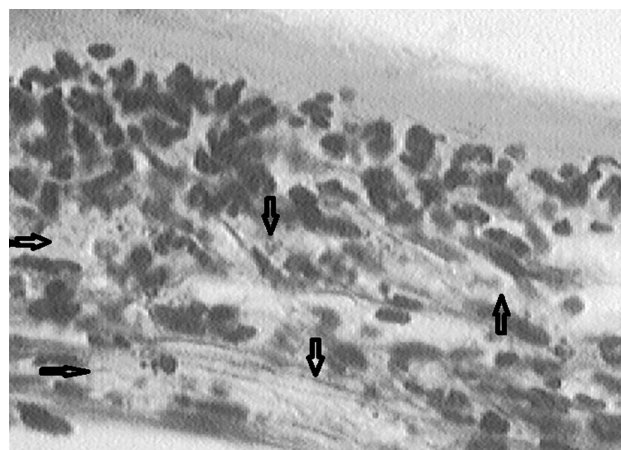


Fig. 6. Fragment of tumor-like proliferation on the surface of Descemet's membrane: the stromal component in the form of small accumulations of fibrin and collagen fibrils (arrows) is extremely reduced. Magnification 400X.

known as retrocorneal membranes. In our observation, the proliferation of the corneal endothelium in the most places was not accompanied by the formation of fibrous-collagenous tissue and only on the surface were there up to 2-3 layers of collagen fibers and a well-contoured hyaline membrane. It is interesting to note that in some areas this membrane looked more formed structurally than the natural Descemet's membrane (Fig. 5). This can be explained by the fact that due to the involvement of the endothelium in neoplastic proliferation, its metabolic effect on the membrane itself was disrupted and it began to undergo destructive changes.

The peculiarity of this observation was that in all foci of corneal endothelial proliferation, cellular elements predominated and only on the posterior surface of the cornea was there a slight formation of fibrous-collagenous tissue and Descemet-like membrane. A weakly expressed ten-

dency to fibroblastic transformation brings this process closer to neoplasia.

In the well-known classical descriptions of retrocorneal membranes, a significant predominance of the fibrous component is noted, while the cellular elements are reduced and are represented only by barely noticeable scattered flattened cells (7). Therefore, we draw attention to this observation, since its histomorphological patterns indicate a neoplastic character rather than the known fibroblastic metaplasia of Descemet's endothelium, leading to the formation of retrocorneal membranes.

We have to resume, that despite significant achievements of the last decade in digital medicine [17, 18] and oncologic field partly [19, 20], there are numerous cases which are characterized unexpected histogenesis as described.

Conclusions

The corneal endothelium is known for its tendency to fibroblastic metaplasia, resulting in the formation of retro-coneal membranes. An unusual clinical case, including the consequences of an neglected glaucomatous process that occurred against the background of a cavernous hemangioma, draws attention to the possibility of neoplastic proliferation of Descemet's endothelium, the implementation of which is extremely difficult due to the lack of stromal-vascular territory in this tissue system.

Author Contributions

Artemov A.V. – conceptualization, methodology, writing, revision and editing; Lytvynenko M.V. – methodology, writing, design and editing; Kovalchuk L.Y. – formal analysis, writing; Larson L.M. – writing and drafting; Kotiuzhynska S.G. – methodology, review, revision; Chebotarova S.O. – writing, revision; Koshelnik O.L. – review and revision; Petrusenko I.M. – review and revision; Gargin V.V. – review and revision, Lunyov V.Ye. – review and revision. All authors have read and approved the final manuscript and agree to be accountable for all aspects of the work.

Disclaimers

The authors declare that the views expressed in this article are their own and do not reflect the official position of the institutions.

Funding

The authors declare that they did not receive any funds, grants, or other support during the preparation of this manuscript.

Conflict of Interest

The authors declare that they have no conflicts of interest that could bias their opinion regarding the subject matter or materials described and discussed in this manuscript.

Ethics Statements

This manuscript does not present results from studies involving human subjects and/or animals that require ethics committee approval.

Informed Consent

This study did not involve human participants, which requires informed consent for participation in the study

Data Availability Statement

Data disclosure is not applicable to this article, as no datasets were generated or analyzed during this study. All data generated or analyzed during this study are included in this published article. Data supporting the findings of this study are available from the authors upon reasonable request.

Reference

- Gündüz AK, Mirzayev I. Surgical Approach in Intraocular Tumors. *Turk J Ophthalmol.* 2022;52(2):125-138. doi:10.4274/tjo.galenos.2021.24376
- Yu H, Zhang C, Tong N, et al. Intraocular myofibroblastoma tumour of the ciliary body: a case report and literature review. *BMC Ophthalmol.* 2022;22(1):200. doi:10.1186/s12886-022-02411-0
- Knudson AG Jr. Mutation and cancer: statistical study of retinoblastoma. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 1971;68(4):820-823. doi:10.1073/pnas.68.4.820
- Knudson AG Jr. Retinoblastoma: a prototypic hereditary neoplasm. *Semin Oncol.* 1978;5(1):57-60. 3. Frisch SM, Srean RA. Anoki mechanisms // *Current Opinion in Cell Biology.* 2001.13 (5):555-62. doi:10.1016/S0955-0674(00)00251-9.
- Dimaras H, Corson TW. Retinoblastoma, the visible CNS tumor: A review. *J Neurosci Res.* 2019;97(1):29-44. doi:10.1002/jnr.24213
- Raval V, Kaliki S. Cavitary retinoblastoma: A review of literature. *Surv Ophthalmol.* 2022;67(3):723-728. doi:10.1016/j.survophthal.2021.10.002
- Frisch SM, Francis H. Disruption of epithelial cell-matrix interactions induces apoptosis. *J Cell Biol.* 1994;124(4):619-626. doi:10.1083/jcb.124.4.619
- Jones IS, Reese AB. Benign melanomas of the retinal pigment epithelium. *Am J Ophthalmol.* 1956;42(2):207-212. doi:10.1016/0002-9394(56)90922-9
- Gargin V, Radutny R, Titova G, et al. Application of the computer vision system for evaluation of pathomorphological images. 2020 IEEE 40th International Conference on Electronics and Nanotechnology, ELNANO 2020 - Proceedings; 2020. 469-473, doi: 10.1109/ELNANO50318.2020.9088898
- Schabadasch A. Intramurale nervengeflechte des darmrohrs // *Z Zellforsch.* 1930;10(2):320-85. doi:10.1007/BF02450699
- Voyno-Yasenetsky V.V. Growth and variability of eye tissues in its diseases and injuries /Voyno-Yasenetsky V.V. // Kyiv: Vishcha shkola. 1979. - 224 p (in Russian).
- Lytvynenko MV, Alekseeva VV, Gargin VV, Neskromna NV, Koshelnik OL, Artemov OV. Rare neurogenic retinal tumors in adults: morphological features and diagnostic challenges. *J.ophthalmol.(Ukraine).*2022;6:30-34. doi: 10.31288/ofthalmolzh202263034
- Shi H, Mirzaei N, Koronyo Y, et al. Identification of retinal oligomeric, citrullinated, and other tau isoforms in early and advanced AD and relations to disease status. *Acta Neuropathol.* 2024;148(1):3. doi:10.1007/s00401-024-02760-8
- Hart de Ruyter FJ, Evers MJAP, Morrema THJ, et al. Neuropathological hallmarks in the post-mortem retina of neurodegenerative diseases. *Acta Neuropathol.* 2024;148(1):24. doi:10.1007/s00401-024-02769-z
- Helei N, Zheliznyak M, Helei V. Analysis of clinical manifestations in patients during complex treatment of oroantral junctions. *Kharkiv Dental Journal.* 2025;1(3):25-32. doi:10.26565/3083-5607-2025-3-03
- Wireko AA, Adebusey FT, Tenkorang PO, Mehta A, Mustapha MJ, Debrah AF, Yarlagadda R, Asieduwaa OY, Abdul-Rahman T, Victor ON, Sikora V, Papadakis M. Management of orofacial clefts in Africa, insufficient management centers, and workforce. *Int J Surg.* 2023 Mar 1;109(3):232-234. doi:10.1097/JS9.000000000000139.
- Alekseeva V, Nechyporenko A, Frohme M, Gargin V, Menailov I, Chumachenko D. Intelligent Decision Support System for Differential Diagnosis of Chronic Odontogenic Rhinosinusitis Based on U-Net Segmentation. *Electronics (Switzerland),* 2023;12 (5), doi: 10.3390/electronics12051202

18. Krivenko S, Krylova O, Bataeva E, Lukin V. Smart lossy compression of images based on distortion prediction. *Telecommunications and Radio Engineering* (English translation of *Elektrosvyaz and Radiotekhnika*). 2018;77(17):1535-1554. doi: 10.1615/TelecomRadEng.v77.i17.40
19. Lyndin M, Kravtsova O, Sikora K, Lyndina Yu, Kuzenko Ye, Awuah WA, Abdul-Rahman T, Hyriavenko N, Sikora V, Romaniuk A. COX2 Effects on endometrial carcinomas progression. *Pathol Res Pract*. 2022;238:154082. doi: 10.1016/j.prp.2022.154082
20. Norrie JL, Nityanandam A, Lai K, et al. Retinoblastoma from human stem cell-derived retinal organoids. *Nat Commun*. 2021;12(1):4535. doi:10.1038/s41467-021-24781-7.

УДК 617.711-089

Comparative study of fibrin glue, suturing and sutureless / glue-free limbal conjunctival autograft for primary pterygium surgery in patients attending a tertiary care hospital in Eastern India

Indrajit Sarkar ¹, Dattatreya Banerjee ², Rashmirekha Bahera ³¹ Department of Ophthalmology, Burdwan Medical College, Burdwan, West Bengal (India)² Department of Ophthalmology, Burdwan Medical College, Burdwan, West Bengal (India)³ Department of Ophthalmology, Gouri Devi Institute of Medical Science & Hospital, Durgapur, West Bengal (India)

Порівняльне дослідження фібринового клею, ушивання та безшовного/ безклеєвого аутоотрансплантата лімбальної кон'юнктиви для первинної хірургії птеригіуму у пацієнтів, які відвідують лікарню третього рівня у Східній Індії

Індраджит Саркар ¹, Даттатрея Банерджі ², Рашміреха Бахера ³¹ Кафедра офтальмології, Медичний коледж м. Бурдван, Західна Бенгалія (Індія)² Кафедра офтальмології, Медичний коледж м. Бурдван, Західна Бенгалія (Індія)³ Кафедра офтальмології, Інститут медичних наук та лікарня Гурі Деві, Дургapur, Західна Бенгалія (Індія)

Abstract

Purpose: To compare the effectiveness, safety, and cost-effectiveness of three conjunctival autograft-fixing methods: fibrin glue, sutures, and no glue or sutures; to examine patient comfort, complications, recurrence, and postoperative outcomes; to determine whether fibrin glue or the sutureless/glue-free method is significantly better than traditional suturing in surgical efficiency, postoperative recovery, and long-term patient satisfaction.

DOI: <https://doi.org/10.31288/UJO202614045>

UDC: 617.7

Corresponding author: Banerjee Dattatreya, Assistant Professor. Department of Ophthalmology, Burdwan medical college, Burdwan, West Bengal, India. E-mail address - Jdinkar1978@gmail.com

Received 2025-07-20

Accepted 2025-10-17

Cite this article as: Indrajit Sarkar, Dattatreya Banerjee, Rashmirekha Bahera. Comparative study of fibrin glue, suturing and sutureless / glue-free limbal conjunctival autograft for primary pterygium surgery in patients attending a tertiary care hospital in Eastern India. Ukrainian Journal of Ophthalmology. 2026;1:40-45.



This is an open access article under the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license

© Indrajit Sarkar, Dattatreya Banerjee, Rashmirekha Bahera, 2026

Methods: A prospective comparative study was conducted on 150 patients undergoing primary pterygium excision. Participants were randomly assigned to three groups: Group I (Fibrin Glue, n = 50), Group II (Suturing, n = 50), and Group III (Sutureless/Glue-Free, n = 50). Surgical duration, postoperative complications, recurrence rates, and patient-reported comfort were assessed at one week, six weeks, and six months. Statistical analysis was performed to evaluate differences between groups.

Results: Surgical time was significantly shorter in the fibrin glue (24.05 ± 0.94 min) and sutureless (23.27 ± 0.87 min) groups compared with suturing (46.2 ± 1.34 min) ($p < 0.001$). Patients in the fibrin glue and sutureless groups reported greater postoperative comfort, while suturing was associated with increased pain, foreign body sensation, and tearing. Recurrence was slightly higher in the sutureless group (4 cases) compared with fibrin glue (2 cases) and suturing (2 cases), although the differences were not statistically significant.

Conclusion: Compared with sutures, both fibrin glue and sutureless/glue-free fixation techniques reduce operative time and improve postoperative comfort. Sutureless fixation offers a cost-effective alternative suitable for low-resource settings, although fibrin glue provides superior stability and patient experience. Long-term studies are warranted to further evaluate recurrence risk and cost-effectiveness.

Keywords: Pterygium; Conjunctival Autograft; Tissue Adhesives; Surgical Sutures; Ophthalmologic Surgical Procedures.

Резюме

Мета. Порівняти ефективність, безпеку та економічну ефективність трьох методів фіксації аутотрансплантата кон'юнктиви: фібринового клею, швів та безклеєвої фіксації; дослідити комфорт пацієнтів, ускладнення, рецидиви та післяопераційні результати; визначити, що є значно кращим за традиційне ушивання з точки зору хірургічної ефективності, післяопераційного відновлення та довгострокової задоволеності пацієнтів – фібриновий клей чи безклеєвий метод.

Матеріал та методи. Було проведено проспективне порівняльне дослідження за участю 150 пацієнтів, які перенесли первинне видалення птеригіуму. Учасників було випадковим чином розподілено на три групи: Група I (фібриновий клей, $n = 50$), Група II (накладання швів, $n = 50$) та Група III (безшовне/клеєве видалення, $n = 50$). Тривалість операції, післяопераційні ускладнення, частота рецидивів та комфорт, про який повідомляли пацієнти, оцінювалися через один тиждень, шість тижнів та шість місяців. Для оцінки відмінностей між групами було проведено статистичний аналіз.

Результати. Час операції був значно коротшим у групах з фібриновим клеєм ($24,05 \pm 0,94$ хв) та безшовною

фіксацією ($23,27 \pm 0,87$ хв) порівняно з ушиванням ($46,2 \pm 1,34$ хв) ($p < 0,001$). Пацієнти в групах з фібриновим клеєм та безшовною фіксацією повідомляли про більший післяопераційний комфорт, тоді як ушивання було пов'язане зі збільшенням болю, відчуттям стороннього тіла та розривами. Рецидиви були децю вищими в безшовній групі (4 випадки) порівняно з фібриновим клеєм (2 випадки) та ушиванням (2 випадки), хоча відмінності не були статистично значущими.

Висновок. Порівняно зі шовними матеріалами, як фібриновий клей, так і безшовна/безклеєва фіксація скорочують операційний час та покращують післяопераційний комфорт. Безшовна фіксація пропонує економічно ефективну альтернативу, придатну для умов з обмеженими ресурсами, хоча фібриновий клей забезпечує кращу стабільність та покращує враження пацієнтів. Для подальшої оцінки ризику рецидиву та економічної ефективності необхідні довгострокові дослідження.

Ключові слова: птеригіум; кон'юнктивальний ауто-трансплантат; тканинні клеї; хірургічні шви; офтальмологічні хірургічні процедури.

Introduction

Pterygium is a common eye condition. An abnormal proliferation of blood vessels from the conjunctiva to the cornea defines it. Common symptoms include limbal stem cell degeneration due to chronic UV light, wind, dust, and dry environments [1]. UV light damage, which causes conjunctival epithelium changes, inflammation, and fibrovascular tissue proliferation, is thought to cause pterygium. Redness, irritation, foreign body sensation, tearing, and photophobia are pterygium symptoms. Advanced fibrovascular growth can encroach on the visual axis, causing astigmatism and vision loss [2]. Due to its cosmetic and functional issues, pterygium often requires surgery.

Surgical excision is the best pterygium treatment, especially for progressive growth, visual impairment, or severe discomfort. Various surgical techniques have been used to maximise healing and reduce recurrence [3]. Due to their better long-term results, conjunctival autografts have replaced bare sclera excision. This is because the former recurs frequently. Conjunctival autograft from the superior or superotemporal bulbar conjunctiva is used to create a limbal barrier to prevent recurrence. Autograft security currently relies on sutures, fibrin glue, and sutureless/glue-free methods. The traditional method used 8-0 Vicryl sutures for mechanical stability but often caused inflammation, foreign body sensation, and prolonged postoperative discomfort [4]. Fibrin glue, a biological adhesive that mimics the natural clotting mechanism, is becoming more popular because it reduces recurrence rates, surgery time, and postoperative pain. The cost and risk of viral transmis-

sion from pooled human plasma sources remain. A cheaper option for autologous blood coagulation without sutures or glue has been developed. This method fixes the graft without adhesives or sutures using the natural adhesion properties of the patient's blood, but graft stability and recurrence rates remain concerns [5].

The Indian subcontinent has a high prevalence of pterygium due to environmental and geographic factors; however, comparative data is limited despite the use of various methods. Although global research has shown the pros and cons of different fixation techniques, our own study is important because patient demographics, UV exposure, and healthcare accessibility vary by region [6]. Given India's socio-economic constraints, cost-effective alternatives, such as the glue-free technique, must be assessed. Despite improving patient comfort and reducing recurrence, fibrin glue is expensive in resource-limited settings. A systematic comparison of an Indian population can demonstrate the practicality of these methods. This information will help clinicians choose the best surgical approach using evidence [7].

Objectives

- To compare the effectiveness, safety, and cost-effectiveness of three conjunctival autograft-fixing methods: fibrin glue, sutures, and no glue or sutures.
- To examine patient comfort, complications, recurrence, and postoperative outcomes.
- To determine whether fibrin glue or the sutureless/glue-free method is significantly better than traditional suturing in surgical efficiency, postoperative recovery, and long-term patient satisfaction.

Methods

Study Design

A tertiary care hospital in Eastern India hosted this prospective comparative study. Primary pterygium surgery uses fibrin glue, sutureless/glue-free methods, and traditional sutures for conjunctival autograft fixation. This study examined and compared these three methods. This systematic review measured postoperative outcomes, surgical efficiency, and patient comfort to find the best and most practical way to operate on pterygia in India's healthcare system. The research was ethical because all participants gave informed consent and it was institutionally approved.

Inclusion and Exclusion Criteria

The inclusion criteria were:

- Patients aged 18 years and older.
- Presence of unilateral or bilateral primary pterygium requiring surgical intervention.

Patients who met the exclusion criteria were not enrolled in the study. The exclusion criteria were:

- Presence of recurrent pterygium (cases where pterygium had previously been excised but recurred).
- Patients aged below 18 years.
- Patients unwilling to provide informed consent for participation in the study.

Sample Size and Groups

This study included 150 patients with primary pterygium. Patients were randomly assigned to one of three equal groups based on conjunctival autograft security after pterygium excision. Fifty patients in Group I (Fibrin Glue Group) had conjunctival autograft fixation with fibrin glue, a bioadhesive that speeds graft adhesion and reduces post-surgery pain. The 50 patients in Group II (Suturing Group) were secured the conjunctival autograft with 8-0 Vicryl sutures, a method that is effective but takes longer and causes patient discomfort. In Group III, the Sutureless/Glue-Free Group, 50 patients had autologous blood coagulum-fixed conjunctival autografts. This allowed the graft to adhere naturally without adhesives or sutures. This approach reduced the risk of foreign material-related postoperative issues while being cheaper.

Surgical Procedure

Before surgery, all patients were thoroughly evaluated to determine their suitability and baseline ocular health. This evaluation included preoperative BCVA measurements. The pterygium was measured and the cornea was checked during a slit-lamp examination of the anterior segment of the eye. The patient's intraocular pressure (IOP) was measured before surgery to rule out glaucoma or hypertension. During all local anaesthesia surgeries, a peribulbar block of lignocaine and bupivacaine kept the patient comfortable and pain-free. The standard operating procedure was applied to all three groups. First, the pterygium's head was carefully dissected off the corneal surface and the fibrovascular tissue underneath was excised to remove the abnormal growth. Reducing recurrence rates required the addition of limbal stem cells to a conjunctival

autograft from the same eye's superior or superotemporal bulbar conjunctiva after tissue removal.

Three groups used different graft fixation methods. Group I secured the autograft over the bare scleral bed with fibrin glue, a bioadhesive that mimics the natural clotting mechanism to speed attachment. This technique reduced surgery time and postoperative pain by replacing suturing. Group II (Suturing Group) used 8-0 Vicryl sutures to secure the autograft, which provided strong mechanical fixation but may have increased postoperative inflammation and irritation. In Group III (Sutureless/Glue-Free), the autograft was delicately placed over the exposed sclera and secured with autologous blood coagulum. This method required surgeons to gently press on the patient for a few minutes to ensure blood adhesion. Patients in all three groups received the same postoperative care. To prevent infections, all patients received Moxifloxacin eye drops for two weeks. Fluorometholone eye drops were applied four times a day for 2 weeks to reduce inflammation and speed healing. The dosage was gradually reduced over the next two weeks. Patients were assessed at 1, 6, and 24 weeks after the procedure to assess their health, potential issues, and procedure efficacy.

Outcome Measures

This study compared three surgical techniques using primary and secondary outcome measures. Recurrence rate, the frequency of fibrovascular regrowth beyond 1 mm from the corneal limbus, was the main outcome measure. Recurrence is crucial to pterygium surgery's long-term success because it can impair vision and require additional surgery. Secondary outcomes included surgical efficacy, graft stability, and postoperative complications. Postoperative discomfort included pain, foreign body sensation, excessive tearing (lacrimation), and eye redness (hyperaemia) assessed using a standardised symptom scale. The length of surgery was another important secondary outcome when comparing the three methods. Faster surgeries reduce infection risks and improve patient comfort. Finally, graft stability was assessed by monitoring displacement, dehiscence, and shrinkage. These factors may affect surgery success and patient satisfaction after recovery.

Statistical Analysis

The study data was analysed using standard statistical methods. The t-test compared continuous variables such as surgical time, while the chi-square test compared categorical variables. Statistical significance was defined as $p < 0.05$. For accurate data analysis and interpretation, statistical software was used.

Ethics

The study protocol was approved by the Institutional Ethics Committee (Protocol No. IEC/2023/OPH-017).

Results

Demographic Characteristics

The study included 150 patients (163 eyes) with a mean age of 50.93 years. Males comprised 82.66% (124/150) of the study population, likely due to higher environmen-

Table 1. Demographic Characteristics

Characteristic	Group I (Fibrin Glue)	Group II (Suturing)	Group III (Sutureless/Glue-Free)	Total (%)
Mean Age (years)	50.93	50.93	50.93	50.93
Male	38 (76%)	45 (90%)	41 (82%)	124 (82.66%)
Female	12 (24%)	5 (10%)	9 (18%)	26 (17.33%)

tal exposure to dust and ultraviolet rays, whereas females comprised 17.33% (26/150). The distribution across groups is shown in Table 1.

Surgical Time

Suturing (Group II) required significantly longer operative time (46.2 ± 1.34 min) compared with fibrin glue (24.05 ± 0.94 min) and sutureless fixation (23.27 ± 0.87 min), nearly doubling the operative duration. Shorter fixation procedures in Groups I and III likely contributed to improved surgical efficiency (Table 2).

Postoperative Complications

The postoperative complications varied among the groups (Table 3). Pain, foreign body sensation, and lacrimation were highest in the suturing group (Group II), whereas fibrin glue (Group I) and sutureless (Group III) groups reported faster symptom resolution. However, minor complications such as hemorrhage, graft shrinkage, graft dehiscence, and pyogenic granuloma were slightly higher in the sutureless group. Recurrence occurred in 2 cases in Group III, compared with 1 case each in Groups I and II.

Symptoms generally resolved within 2–4 weeks, with Group II experiencing the longest discomfort period (mean 4 weeks) versus 2 weeks for Groups I and III (Table 4).

Pterygium Characteristics

Most eyes had nasal pterygium (99.38%), with temporal pterygium being rare (0.62%). Pterygium sizes ranged from 2.0 to 4.9 mm, with a mean of 2.887 ± 0.77 mm. Progressive pterygium was observed in 43.56% of eyes, while 56.44% were atrophic/degenerative. Spherical equivalent improved significantly in eyes with pterygium ≥ 3.5 mm, independent of fixation method.

Discussion

Fibrin glue secures conjunctival autografts during pterygium surgeries, as shown by Elzlitni et al., 2018 [8]. Fibrin glue reduces surgical time and postoperative pain better than traditional suturing, according to research. This study's finding that the fibrin glue group had surgery in 24.05 ± 0.94 min compared to the suturing group (46.2 ± 1.34 min) supports previous research that removing sutures speeds up the procedure and reduces operative trauma. Patients with fibrin glue had less pain, foreign body sensation, and lacrimation after surgery. Shaaban et al., 2014 [9]. Recently developed sutureless/glue-free methods are viable alternatives. This method secures the graft using autologous blood coagulum without sutures or glue. The sutureless method can achieve haemostasis in a fraction of the time it takes with fibrin glue, but the current study

Table 2. Mean Surgical Time (minutes)

Group	Mean $\pm$ SD
Group I (Fibrin Glue)	24.05 ± 0.94
Group II (Suturing)	46.2 ± 1.34
Group III (Sutureless/Glue-Free)	23.27 ± 0.87

Table 3. Postoperative Complications by Group

Complication	Group I	Group II	Group III
Pain	26	49	42
Foreign Body Sensation	14	48	9
Lacrimation	29	38	20
Hemorrhage	11	13	17
Graft Shrinkage	1	2	4
Graft Dehiscence	1	2	2
Pyogenic Granuloma	0	0	2
Recurrence	1	1	2

Table 4. Duration of Postoperative Symptoms

Group	Mean Duration of Symptoms (weeks)
Group I (Fibrin Glue)	2
Group II (Suturing)	4
Group III (Sutureless/Glue-Free)	2

found that this is not always true. Sutureless grafts were slightly more likely to shrink and shift, emphasising the need for precise surgery to ensure graft adhesion. Despite being as comfortable as fibrin glue, sutureless techniques require more surgical skill to avoid graft displacement and recurrence, according to Kavita Malli Karjun Salagar 2013 [10].

Fibrin glue reduces surgical time, postoperative inflammation, and recurrence, making it a clinically effective and patient-friendly option. However, Ashok Sharma et al., 2015 [11] its high cost makes it harder to implement in resource-poor areas. Although commercial preparations are rigorously screened, fibrin glue may cause viral transmission from pooled human plasma sources. Sutureless/glue-free methods eliminate the

need for expensive adhesives and sutures, making them cheaper. To prevent graft displacement, it requires surgical skill and careful intraoperative haemostasis. Sutureless pterygium surgery may work where fibrin glue is unavailable or too expensive. Despite its limitations, this study offers valuable insights. Due to the short follow-up period, long-term recurrence rates could not be assessed. The sutureless group had two recurrences at six months, compared to one for the fibrin glue and suturing groups. Longer follow-up is needed to determine if these trends persist. Due to time constraints, the study did not evaluate other complications such as persistent pain or delayed healing. Future research should use larger samples and longer follow-ups to understand each method's long-term effects. This study found that fibrin glue is the best way to fix conjunctival autografts because it shortens the surgery, reduces complications, and prevents recurrence. In low-resource settings, sutureless/glue-free surgery can be cost-effective if graft stability is ensured. Further long-term studies are needed to determine the best surgical method for pterygium management and assess recurrence risks.

While suturing resulted in greater pain and a longer surgical time, these findings reflect postoperative discomfort rather than true surgical complications. The incidence of actual complications such as graft dehiscence or granuloma did not differ significantly between the techniques, and was more often related to the size and grade of the pterygium.

To conclude, fibrin glue secures conjunctival autografts better than suturing in pterygium surgery, reducing surgical time, postoperative pain, and recurrence. The sutureless/glue-free method is less expensive but has a higher recurrence rate and requires careful haemostasis to ensure graft stability. Suturing remains an effective and reliable method for conjunctival autograft fixation, although it requires a longer operative time and is associated with greater postoperative discomfort compared to other techniques. However, these factors represent increased surgical duration and pain rather than true complications, which were not significantly higher in the suturing group. Actual postoperative complications were more frequently associated with higher-grade (Grade 3) pterygium rather than the fixation method itself. In settings with limited resources and experienced surgeons, sutureless surgery may be considered, but fibrin glue is better when money is not an issue. Longer follow-up studies are needed to assess long-term recurrence rates and improve surgical techniques for the best patient outcomes. Based on statistical analysis ($p < 0.05$ for surgical time and postoperative discomfort), fibrin glue demonstrated significantly shorter operative time and lower early postoperative discomfort compared to suturing. The sutureless/autologous blood technique showed comparable comfort to fibrin glue but a slightly higher, though not statistically significant, recurrence rate. Suturing remained effective but was associated with longer operative times and more complications. In

resource-limited settings, the sutureless technique may be a practical alternative if performed with meticulous haemostasis, whereas fibrin glue remains the preferred choice when resources allow.

Author Contributions

Indrajit Sarkar – Conceptualization, study design, data collection, surgical procedures, manuscript drafting; Dattatreya Banerjee – Supervision, Statistical analysis, literature review, interpretation of data, manuscript writing, revision of the manuscript, and approval of the final version; Rashirekha Bahera – Patient follow-up, data verification, preparation of figures and tables. All authors have read and approved the final manuscript and agree to be accountable for all aspects of the work.

Acknowledgements

The authors thank the Department of Ophthalmology and the operating theatre staff of Burdwan Medical College for their assistance and patient care during the study.

Disclaimers

The views expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent the official position of their affiliated institution or any funding source.

Funding

This Study did not receive any funding or grant.

Conflict of Interest

The authors declare that they have no conflicts of interest related to this work.

Ethical approval

Subjects of the study. This study involved human participants undergoing primary pterygium surgery.

Ethics approval for research involving humans. The study protocol was reviewed and approved by the Institutional Ethics Committee under Protocol No. IEC/2023/OPH-017. All procedures followed were in accordance with the ethical standards of the institutional and national research committee and with the 1964 Helsinki Declaration and its later amendments.

Informed consent

Written informed consent was obtained from all participants prior to inclusion in the study for participation and publication of anonymized data.

Data Availability Statement

The datasets generated and/or analyzed during the current study are available from the corresponding author upon reasonable request. Due to institutional policy and patient confidentiality, raw data are not publicly available.

Abbreviations

UV – Ultra violet, IOP – Intraocular Pressure.

References

1. Singh PK, Singh S, Vyas C, Singh M. Conjunctival autografting without fibrin glue or sutures for pterygium surgery. *Cornea*. 2012 Jun;32(1):104–7. doi:10.1097/ICO.0b013e31824bd1fb

2. Muhammad S, Ali F, Malik IQ. Frequency of pterygium recurrence with limbal stem cell autograft. *Pak J Ophthalmol*. 2016 Oct-Dec;32(4):211–4. doi:10.36351/pjo.v32i4.90
3. Huerva V, Marcé A, Martínez-Alonso M, Muniesa MJ, Sánchez C. Pterygium surgery by means of conjunctival autograft: long-term follow-up. *Arq Bras Oftalmol*. 2012;75(4):251–5. doi:10.1590/S0004-27492012000400003
4. Wadgaonkar SP, Tiwari RR, Patil PA, Kamble BS. Fibrin glue versus suture technique for pterygium excision: a prospective study in tertiary-based rural hospital. *J Clin Ophthalmol Res*. 2017;5(1):23–7. doi:10.4103/2320-3897.195305
5. Goswami S, Chatterjee SS, Goswami S, Bhaduri G. A comparative study of use of fibrin glue and vicryl suture in conjunctival autograft transplantation following pterygium excision. *Indian J Basic Appl Med Res*. 2014;4(1):169–75.
6. Wang X, Zhang Y, Zhou L, Wei R, Dong L. Comparison of fibrin glue and Vicryl sutures in conjunctival autografting for pterygium surgery. *Mol Vis*. 2017;23:275–8.
7. Karandikar S, Shanbhag N, Bhatt N, Chen L. Comparison of three different techniques for fixation of conjunctival autograft in pterygium surgery. *Indian J ClinExp Ophthalmol*. 2016;2(4):350–5. doi:10.5958/2395-1451.2016.00079.5
8. Elzlitni NM, Eldressi SS, Bukhatwa SA. Sutureless and glue-free conjunctival autograft for pterygium surgery: a preliminary report about Libyan experience. *Libyan Int Med Univ J*. 2018;3(1):16–9. doi:10.21502/limuj.009.03.2018
9. Elwan SAM. Comparison between sutureless and glue-free versus sutured limbal conjunctival autograft in primary pterygium surgery. *Saudi J Ophthalmol*. 2014;28(4):292–8. doi:10.1016/j.sjopt.2014.03.012
10. Salagar KM, Biradar KG. Conjunctival autograft in primary and recurrent pterygium: a study. *J Clin Diagn Res*. 2013 Dec;7(12):2825–7. doi:10.7860/JCDR/2013/6355.3775
11. Sharma A, Raj H, Gupta A, Raina AV. Sutureless and glue-free versus sutures for limbal conjunctival autografting in primary pterygium surgery: a prospective comparative study. *J Clin Diagn Res*. 2015 Nov;9(11):NC06–NC09. doi:10.7860/JCDR/2015/15689.6789.

УДК 617.7–007.681–073.43:616.379–008.64:616.439–005.4

Морфометрія циліарного тіла та системне запалення при вторинній неоваскулярній глаукомі внаслідок діабетичної ретинопатії та оклюзії вен сітківки

Гузун О. В.¹, канд. мед. наук; Задорожний О. С.¹, д-р мед. наук; Ситнікова В. О.², д-р мед. наук, професор; Коновалова Н. В.², д-р мед. наук; Ковальчук О. Г.¹, канд. мед. наук

¹ ДУ «Інститут очних хвороб та тканинної терапії ім. В.П.Філатова НАМН України», Одеса (Україна)

² Одеський національний медичний університет, Одеса (Україна)

Morphometry of the ciliary body and systemic inflammation in neovascular glaucoma secondary to diabetic retinopathy and/or retinal vein occlusion

Guzun O.V., Zadorozhnyy O.S., Sytnikova V.O., Konovalova N.V., Kovalchouk A.G.

¹ SI «The Filatov Institute of Eye Diseases and Tissue Therapy of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine» Odessa (Ukraine)

² Odessa National Medical University, Odessa (Ukraine)

Резюме

Мета. Оцінити морфометричні особливості циліарного тіла (ЦТ) за даними ультразвукової біомікроскопії (УЗБ) у пацієнтів з неоваскулярною глаукомою (НВГ), асоційованою з діабетичною ретинопатією (ДР) або оклюзією вен сітківки (ОВС), та визначити їхній зв'язок зі стадією рубеозу за Weiss і системними імунізапальними індексами крові (SII, SIRI, AISI).

Матеріал і методи. У дослідження включено 160 очей: 126 очей з НВГ (65 – на тлі ДР, 61 – після ОВС) та 34 ока контрольної групи. За допомогою УЗБ визначали

товщину ЦТ на рівні 1 мм позаду склерального шпора (CBT1) і максимальну товщину ЦТ (CBTmax). Стадію рубеозу оцінювали за класифікацією Weiss. Кореляційний аналіз виконували з використанням Spearman's rank. Для визначення незалежних предикторів потовщення ЦТ застосовано багатфакторний лінійний регресійний аналіз із CBTmax як залежною змінною.

Результати. У пацієнтів з НВГ товщина ЦТ достовірно перевищувала показники контролю (CBT1 = 0,82 мм) і досягала 1,17–1,50 мм, а CBTmax – до 1,64–1,66 мм. Найвищі значення зафіксовано при постоклюзійній НВГ (CBT1 = 1,39 мм; CBTmax = 1,66 мм) та при НВГ на тлі ДР тривалістю ≤5 років (CBT1 = 1,25 мм; CBTmax = 1,63 мм), що фактично відповідає подвоєнню фізіологічних показників і дозволяє припустити формування гіпероб'ємного фенотипу. При ДР понад 5 років спостерігалось витончення ЦТ (CBT1 = 0,57–0,64 мм; CBTmax = 0,74–1,00 мм). Системні індекси зростали зі стадією рубеозу: SII – більш ніж у 2 рази, AISI – у 2,5–3 рази, SIRI – у 1,3–2 рази порівняно з контролем.

Висновки. НВГ супроводжується стадійно залежними морфометричними змінами циліарного тіла, що проявляється формуванням гіпероб'ємного або атрофічного фенотипу залежно від етіології та тривалості захворювання. Товщина ЦТ демонструє тісний зв'язок із системним імунізапальним і активністю рубеозу, що підкреслює її клінічну та потенційну прогностичну цінність.

Ключові слова: неоваскулярна глаукома; цукровий діабет; ультразвукова біомікроскопія; товщина циліарного тіла; системне запалення; рубеоз, райдужка, глаукома, циліарне тіло.

DOI: <https://doi.org/10.31288/UJO202614654>

UDC: 617.7

Corresponding Author: Olga V. Guzun, SI «The Filatov Institute of Eye Diseases and Tissue Therapy of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», 49/51 Frantsuzkyi Bulvar, Odessa 65015, Ukraine. Email: olgaguzun24@gmail.com

Received: 02.09.2025

Accepted: 13.01.2026

Cite this article as: Guzun O.V., Zadorozhnyy O.S., Sytnikova V.O., Konovalova N.V., Kovalchouk A.G. Morphometry of the ciliary body and systemic inflammation in neovascular glaucoma secondary to diabetic retinopathy and/or retinal vein occlusion. Ukrainian Journal of Ophthalmology. 2026;1:46-54.



This is an open access article under the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license

© Guzun O.V., Zadorozhnyy O.S., Sytnikova V.O., Konovalova N.V., Kovalchouk A.G., 2026

Abstract

Purpose: To assess ultrasound biomicroscopy (UBM)-based morphometric features of the ciliary body (CB) in patients with neovascular glaucoma (NVG) secondary to diabetic retinopathy (DR) and/or retinal vein occlusion (RVO), and determine their relationships with the stage of rubeosis (according to the Weiss grading system) and systemic inflammation indices (Systemic Immune-Inflammation Index [SII], Systemic Inflammation Response Index [SIRI], and Aggregate Index of Systemic Inflammation [AISI]).

Material and Methods: Totally, 160 eyes were included in the study. Of these, 126 had NVG (65 eyes with NVG secondary to DR and 61 eyes with NVG secondary to RVO), and 34 eyes were used as controls. UBM was used to determine CB thickness at a point 1-mm posterior to the sclera spur (CBT1) and maximum CB thickness (CBTmax). The stage of rubeosis was determined according to the Weiss grading system. Spearman rank correlation was used for associations. Multivariate regression analysis with CBTmax as a dependent variable was performed to determine independent predictors of CB thickening.

Results: CB thickness was significantly greater in eyes with NVG (1.17–1.50 mm; CBTmax as much as 1.64–1.66 mm)

than in controls (CBT1 = 0.82 mm). The greatest values were seen in NVG secondary to RVO (CBT1 = 1.39 mm; CBTmax = 1.66 mm) and NVG secondary to DR with a duration ≤ 5 years (CBT1 = 1.25 mm; CBTmax = 1.63 mm). These values were actually twice as high as normal values, supposing the formation of a hypervoluminous phenotype. Thinning of the CB (CBT1 = 0.57–0.64 mm; CBTmax = 0.74–1.00 mm) was observed in NVG secondary to DR with a duration > 5 years. Systemic indices increased with the stage of rubeosis: SII was increased more than twofold, AISI was increased 2.5–3-fold, and SIRI was increased 1.3–2-fold compared with controls.

Conclusion: NVG is accompanied by stage-dependent morphometric changes in the CB, which is manifested by the formation of a hypervoluminous or atrophic phenotype depending on disease etiology and duration. CB thickness demonstrates a close relationship with systemic immune inflammation and rubeosis activity, which highlights its clinical and potential prognostic value.

Keywords: neovascular glaucoma, diabetes mellitus, ultrasound biomicroscopy, ciliary body thickness, systemic inflammation, rubeosis, iris, glaucoma, ciliary body

Вступ

Неоваскулярна глаукома (НВГ) є однією з найтяжчих форм вторинної глаукоми та виникає внаслідок тяжкої ішемії сітківки з надмірною експресією ангіогенних факторів, насамперед судинного ендотеліального фактора росту (VEGF) [1]. Найчастішими причинами НВГ залишаються проліферативна діабетична ретинопатія (ПДР) – 33% та ішемічні оклюзії вен сітківки (ОВС) – 33%; етіологічний розподіл, описаний у 1971 р., зберігає свою актуальність і сьогодні, попри суттєве розширення уявлень про патогенетичні механізми НВГ [2, 3].

Методи зображення переднього сегмента ока мають різні можливості. Оптична когерентна томографія дає змогу з високою точністю об'єктивно оцінити стан райдужки, рогівки, кута передньої камери. Оптична когерентна томографія-ангіографія, поряд з флуоресцентною ангіографією, надає можливість виявляти й кількісно оцінювати неоваскуляризацію райдужки та ірідокорнеального кута, а також відстежувати регресію рubeоза після анти-VEGF терапії [4]. Інфрачервона транслюмінація ока сприяє визначенню ширини тіні структур циліарного тіла (ЦТ) на склері [5]. Проте ці методи не дозволяють в повному обсязі оцінити структуру та розміри ЦТ, положення його відростків та анатомію кута. Ультразвукову доплерографію застосовують для аналізу кровотоку в очних артеріях. Також є обґрунтовання методу імпульсної офтальмопневмоплетізмографії для оцінки мікроциркуляторної ішемії циліарного тіла [6], однак ці роботи не надають морфометричної інформації про ЦТ.

Натомість ультразвукова біомікроскопія (УЗБ) забезпечує високороздільну візуалізацію глибоких

структур переднього сегмента ока, включно з ЦТ та ірідокорнеальним кутом, незалежно від прозорості рогівки або наявності гіфеми, що робить її незамінним методом дослідження при тяжких ішемічних і неоваскулярних станах ока [7]. УЗБ дозволяє детально оцінювати конфігурацію та морфометричні параметри ЦТ, положення кореня райдужки, стан кута передньої камери та протяжність периферичних передніх синехій [8, 9].

Морфологічні зміни переднього сегмента ока при НВГ принципово відрізняються від таких при первинній закритокутової глаукомі (ПЗКГ) [10]. Для ПЗКГ характерні механізми зіничного блоку, плато райдужки та набухання кришталика [11, 12], тоді як при НВГ типовими є ішемічна атрофія стромы райдужки, активна неоваскуляризація, тракційні деформації ірідокорнеального кута та формування масивних периферичних передніх синехій [10]. Водночас, попри значний інтерес до морфології кута передньої камери та райдужки при НВГ, кількісні морфометричні характеристики ЦТ залишаються недостатньо дослідженими.

Важливе значення у розвитку мікросудинних ускладнень цукрового діабету та ішемічних васкулярних уражень сітківки має хронічне низькоінтенсивне запалення, що зумовлює зростаючий інтерес до вивчення системних імунізапальних індексів, зокрема SII (Systemic Immune-Inflammation Index), SIRI (Systemic Inflammation Response Index) та AISI (Aggregate Index of Systemic Inflammation). Для кількісної оцінки системної запальної відповіді та імунного статусу дедалі частіше використовують інтегральні гематологічні показники, розраховані на

основі формули периферичної крові, зокрема SIRI (Systemic Inflammation Response Index), SII (Systemic Inflammation Index) та AISI (Aggregate Inflammation Systemic Index) [13-17]. Ці індекси відображають баланс нейтрофільно-моноцитарної активації та лімфоцитарної регуляції й розглядаються як маркери системного низькоінтенсивного запалення.

Показано, що навіть після досягнення тривалої компенсації глікемії запальне ушкодження при цукровому діабеті може зберігатися та набувати хронічного, частково незворотного характеру [18]. У цьому контексті AISI (також відомий як панімурний індекс запалення, PIV) активно досліджується при діабетичній ретинопатії [13, 14]. Низка авторів підкреслює доцільність визначення системних запальних біомаркерів для уточнення ролі запалення в патогенезі ДР та прогнозування ризику і тяжкості її перебігу [13, 15, 19, 20].

Аналогічні закономірності описані й при оклюзіях вен сітківки: у пацієнтів з ОВС рівень SII є достовірно вищим порівняно з контролем [21], а в осіб молодшого віку з цією патологією також відзначаються підвищені показники SIRI, NLR та SII [22]. Це свідчить про системний характер запальної відповіді при ішемічних ретинальних ураженнях.

З огляду на ключову роль ішемії, VEGF-опосередкованої неоваскуляризації та запального каскаду в патогенезі НВГ, доцільним є комплексний підхід із поєднанням ультразвукової біомікроскопії цилиарного тіла та оцінки внутрішньоочного тиску, ступеня рубцеозу за Weiss і системних імунзапальних індексів (SII, SIRI, AISI). Такий підхід дозволяє кількісно оцінити взаємозв'язок між системним запаленням і морфологічними змінами цилиарного тіла та уточнити його роль у формуванні морфологічного фенотипу при вторинній НВГ.

Мета роботи – оцінити товщину цилиарного тіла за даними ультразвукової біомікроскопії у пацієнтів з неоваскулярною глаукомою на тлі діабетичної ретинопатії або внаслідок оклюзії вен сітківки та визначити її зв'язок зі стадією рубцеозу за Weiss і системними індексами запалення крові (SII, SIRI, AISI).

Матеріал та методи

Дизайн дослідження. Проведено проспективне клініко-аналітичне дослідження, спрямоване на визначення структурних характеристик переднього сегмента ока та їхнього зв'язку зі системними маркерами запалення у пацієнтів із НВГ різного етіологічного походження, BOT та стадією рубцеозу за Weiss.

Популяція дослідження. У дослідження включено 160 пацієнтів (160 очей), розподілених на три групи: Група 1 (НВГ/ПДР): 65 очей з НВГ на тлі ПДР. Група 2 (НВГ/ОВС): 61 око з НВГ, що виникла внаслідок ОВС. Контроль (Група 3): 34 ока без рубцеозу райдужки та вторинної глаукоми. Пацієнти проходили обстеження та лікування в ДУ «Інститут очних хвороб та тканинної терапії ім. В.П.Філатова НАМН України».

Критерії виключення: увеїти, травми, попередні фільтруючі операції, закритокутова глаукома, вторинна НВГ іншої етіології та НВГ при рубцеозі за Weiss 4, наявність епібульбарних рубців, що унеможливлювали коректну УЗБ.

Ультразвукова біомікроскопія проводилася із застосуванням апарата AVISO (Quantel Medical, Франція), оснащеного високочастотним зондувальним модулем 50–80 МГц, який забезпечує аксіальну роздільну здатність до 20–25 мкм та латеральну – до 40 мкм, що відповідає вимогам до високоточних структурних вимірювань кута передньої камери та ЦТ [23]. Дослідження виконували у положенні лежачи на спині. Після інстиляції топічного анестетика та контактного гелю встановлювали стандартний склеральний контактний датчик (еуесур), як описано в роботі Ren зі співавторами [9]. УБМ проводили у чотирьох стандартних квадрантах: верхній, нижній, назальний, скроневий. Для кожного квадранта отримували серію інтегральних поздовжніх і поперечних зрізів, що проходять через: кореневу частину райдужки, цилиарні відростки, плоску частину ЦТ. Якість зображення оцінювали за чіткістю меж ЦТ, відсутністю артефактів та стабільністю позиції сканера. Оцінювані параметри: 1) CBT1 (Ciliary Body Thickness at 1 mm) – товщина цилиарного тіла, виміряна на відстані 1 мм позаду склеральної шпори. Вимір виконували перпендикулярно до внутрішнього контуру склери. Значення CBT1 обчислювали як середнє із трьох послідовних вимірювань у кожному квадранті. 2) CBTmax (Maximum Ciliary Body Thickness) – максимальна товщина ЦТ у кожному квадранті: визначалася як найбільша відстань від заднього контуру цилиарних відростків до внутрішнього шару склери. Для аналізу використовували середнє значення з чотирьох квадрантів.

Оцінка активності неоваскуляризації райдужки за класифікацією Weiss і Gold (1978): 1 стадія – тонка неоваскуляризація зіничної зони райдужки та трабекулярної мережі з ураженням < 2 квадрантів, без синехій; 2 стадія – неоваскуляризація зіничної зони райдужки та трабекулярної мережі з ураженням > 2 квадрантів, без синехій; 3 стадія – неоваскуляризація зіничної та цилиарної зон райдужки з ураженням 1–3 квадрантів у поєднанні з периферичними передніми синехіями; 4 стадія – виражена неоваскуляризація цилиарної зони райдужки з ураженням > 3 квадрантів та поширені периферичні передні синехії [24].

Вимірювання BOT здійснювали методом апланатичної тонометрії за Гольдманом. Під час гоніоскопії оцінювали конфігурацію іридокорнеального кута (відкритий або закритий), ступінь неоваскуляризації, наявність передніх синехій та їх протяжність.

Системні індекси запалення. Розраховували такі індекси на основі розгорнутого аналізу крові: SII (Systemic Immune-Inflammation Index)

$SII = PLT \times NEU / LYM$; SIRI (Systemic Inflammation Response Index)

$SIRI = NEU \times MON / LYM$; AISI (Aggregate Index of Systemic Inflammation)

$AISI = NEU \times MON \times PLT / LYM$. Індекси використовували як інтегральні маркери системної прозапальної активності.

Етичні аспекти. Дослідження виконано відповідно до Гельсінської декларації (2013) та стандартів GCP (стандарти належної клінічної практики Good Clinical Practice) та схвалено комісією з біоетики ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. В.П. Філатова» (протокол №4, 2024 р.). Усі учасники надали письмову інформовану згоду. Дані були деперсоналізовані відповідно до вимог конфіденційності. Маніпуляції не виходили за межі стандартної офтальмологічної практики.

Критерії оцінки

Основними критеріями оцінки були морфометричні параметри ЦТ, визначені за даними УЗБ (за методикою, яка описана вище): товщина ЦТ на рівні 1 мм позаду склеральної шпори (CBT₁) та максимальна товщина ЦТ (CBT_{max}). Аналіз основних критеріїв проводили з урахуванням етіології НВГ (ПДР та ОВС), стадії рубцевої за класифікацією Weiss, а також тривалості та стадії діабетичної ретинопатії.

Додатковими критеріями оцінки були клінічні та біологічні показники, що характеризували активність неоваскулярного процесу та його системний компонент. До них відносили рівень BOT, стадію рубцевої за Weiss, тривалість основного захворювання (ПДР або ОВС), а також інтегральні системні імунізапальні індекси крові – SII, SIRI та AISI. Зазначені показники використовували для аналізу їхнього взаємозв'язку з

морфометрією ЦТ та для оцінки структурно-запальної взаємодії при НВГ.

Статистичний аналіз. Статистичний аналіз виконували з використанням програмного забезпечення з відкритим кодом для ОС Windows – JASP (версія 0.19.2; JASP Team, 2024). Використували методи непараметричної статистики з огляду на ненормальний розподіл кількісних показників. Описову статистику подано у вигляді медіани (Me) та міжквартильного інтервалу (IQR). Для порівняння показників між незалежними групами застосовували непараметричні рангові критерії (Mann–Whitney U-test або Kruskal–Wallis test with post-hoc analysis за необхідності). Оцінку взаємозв'язків між кількісними змінними здійснювали за допомогою коефіцієнта кореляції Spearman's rank (rs). Силу кореляцій інтерпретували відповідно до загальноприйнятих критеріїв. Рівень статистичної значущості встановлювали на рівні $p < 0,05$.

Результати

Дані проведеного аналізу, підтверджені ультразвуковою біомікроскопією, свідчать про морфологічні зміни переднього сегмента ока при НВГ, пов'язані зі стадією рубцевої райдужки та системними запальними показниками (рис. 1 – див. 2 стор. обкладинки).

Морфометрія циліарного тіла у пацієнтів з НВГ

За даними УЗБ встановлено, що товщина ЦТ при НВГ достовірно відрізняється залежно від етіології захворювання, стадії рубцевої за Weiss та тривалості основного патологічного процесу, що відображено в табл. 1.

Таблиця 1. Структурні та системно-запальні показники при НВГ залежно від етіології та стадії рубцевої за Weiss

Показник	Контроль n=34	Weiss 1		Weiss 2		Weiss 3	
		ПДР n=29	ОВС n=25	ПДР n=25	ОВС n=27	ПДР n=11	ОВС n=9
		Me (IQR);					
CBT ₁ , мм	0.82 (0.7–0.86)	1.2 (0.62–1.24)*	1.23 (1.16–1.44)*	1.2 (0.64–1.3)*	1.39 (1.3–1.52)*‡	0.61 (0.54–1.4)*	1.5 (1.5–1.6)*‡
CBT _{max} , мм	1,18 (0,92–1,26)	1,58 (0,75–1,63)*	1,63 (1,57–1,68)*‡	1,58 (0,88–1,65)*	1,68 (1,58–1,74)*‡	1,0 (0,84–1,68)*	1,82 (1,74; 1,82)*‡
SII (ratio)	228 (217–250)	388 (370–428)*	428 (399–464)*‡	434 (424–672)*	448 (397–526)*‡	513 (472–552)*	538 (508–599)*‡
SIRI (ratio)	0.435 (0.410–0.526)	0.53 (0,48–0,64)*	0.55 (0,5–0,81)*‡	0.56 (0,53–0,62)*	0.64 (0,54–0,98)*‡	0.62 (0,62–0,82)*	1.1 (0,98–1,14)*‡
AISI (ratio)	75 (68–91)	102 (93–117)*	107 (101–189)*‡	112 (105–309)*	127 (103–239)*‡	212 (194–261)*	249 (222–267)*‡
BOT, мм рт. ст	15 (14–17)	33 (32–38)*	33 (32–38)*	33 (29–40)*	33 (33–40)*	40 (37–42)*	40 (36–42)*

Примітки: Me – медіана (IQR); IQR -межквартильний інтервал; max – максимальне значення. * – $p < 0.05$ між контролем та групою ПДР/ОВС; ‡ – $p < 0.05$ між ПДР та ОВС на відповідній стадії Weiss.

Скорочення: НВГ – неоваскулярна глаукома; ПДР – проліферативна діабетична ретинопатія; ОВС – оклюзія вен сітківки; CBT₁, мм – товщина циліарного тіла на рівні 1 мм позаду склерального шипа; CBT_{max} - максимальна виміряна товщина циліарного тіла; SII - Systemic Immune-Inflammation Index; SIRI - Systemic Inflammation Response Index; AISI - Aggregate Index of Systemic Inflammation; BOT – внутрішньоочний тиск.

На всіх стадіях рубеозу товщина ЦТ у пацієнтів з НВГ/ПДР була меншою (CBT1 = 1,15 (0,62–1,30) мм; CBTmax = 1,50 (0,84–1,63) мм) порівняно з НВГ/ОВС (CBT1 = 1,39 (1,23–1,49) мм; CBTmax = 1,66 (1,58–1,75) мм; $p < 0,000$), що свідчить про різні морфологічні фенотипи ЦТ при різних етіологіях НВГ.

Аналіз стадій рубеозу за Weiss показав, що морфометричні параметри ЦТ характеризуються стадійними відмінностями, з тенденцією до збільшення товщини ЦТ при прогресуванні рубеозу, що продемонстровано у табл. 1.

Водночас у пацієнтів з НВГ/ПДР виявлено чітку асоціацію морфометричних параметрів ЦТ з тривалістю ПДР. У хворих із тривалістю ПДР до 5 років (58 (55–60) місяців) спостерігалось виражене потовщення ЦТ (CBT1 = 1,25 (1,20–1,40) мм; CBTmax = 1,63 (1,58–1,65) мм). Натомість у пацієнтів із тривалістю ПДР понад 5 років (190 (176–250) місяців) відзначалось достовірне зменшення товщини ЦТ (CBT1 = 0,61 (0,57–0,64) мм; CBTmax = 0,76 (0,74–0,89) мм; $p < 0,000$), що відображає структурну трансформацію ЦТ залежно від тривалості захворювання. Залежність товщини ЦТ від стадії рубеозу та тривалості ПДР показано на рисунку 2 (див. 2 стор. обкладинки).

Таким чином, на підставі отриманих даних можна припустити, що морфометрія ЦТ при НВГ/ПДР має фазовий характер: на ранніх етапах переважає набряково-гіпероб'ємний фенотип, який із прогресуванням і збільшенням тривалості захворювання трансформується в атрофічний. Водночас отримані результати дозволяють припустити, що при НВГ/ОВС потовщення ЦТ є більш вираженим і зберігається в умовах гостро-підгострого перебігу процесу після ОВС (медіана тривалості 15 (13–21) місяців).

Системні імунзапальні індекси (SII, SIRI, AISI)

У пацієнтів з НВГ всі інтегральні індекси системного запалення (SII, SIRI, AISI) були достовірно підвищеними порівняно з контрольною групою та демонстрували послідовне зростання зі збільшенням стадії рубеозу за Weiss (табл. 1). Уже на ранніх стадіях НВГ рівні SII та AISI перевищували контрольні значення приблизно на 40–90%, що свідчить про ранню активацію системного імунзапального каскаду.

При прогресуванні рубеозу вираженість запального компоненту зростала: на стадіях Weiss 2–3 значення SII підвищувалися більш ніж у 2 рази ($p < 0,05$), AISI – у 2,5–3 рази ($p < 0,05$), тоді як SIRI зростав у 1,3–2 рази ($p < 0,05$) порівняно з контролем. На однакових стадіях захворювання показники системного запалення при НВГ/ОВС були в середньому на 10–25% ($p < 0,05$) вищими, ніж при НВГ/ПДР, що відображає більш інтенсивний системний запальний компонент при постоклюзійній формі НВГ.

Отже, за даними проведеного дослідження системні імунзапальні індекси демонструють зв'язок зі стадійністю неоваскулярного процесу та дозволяють кількісно охарактеризувати етіологічні відмінності

перебігу НВГ у доповнення до морфометричних характеристик ЦТ (табл. 1).

Рівень BOT при НВГ достовірно зростав зі збільшенням стадії рубеозу за Weiss і досягав максимальних значень на пізніх стадіях захворювання незалежно від етіології; з метою оцінки взаємозв'язків між BOT, морфометричними показниками ЦТ та системними імунзапальними індексами було проведено кореляційний аналіз Spearman's rank.

При стратифікації за етіологією встановлено, що у пацієнтів з НВГ/ОВС кореляційні зв'язки між морфометрією ЦТ та клініко-біологічними показниками є більш вираженими, ніж при НВГ/ПДР ($p < 0,05$).

У групі НВГ/ОВС CBT1 демонструвала помірний позитивний кореляційний зв'язок ($p < 0,05$) з індексом SIRI ($r_s = 0,48$), з AISI ($r_s = 0,43$) та з SII ($r_s = 0,40$). З меншою силою відповідні індекси корелювали з товщиною ЦТ ($p < 0,05$) у пацієнтів з НВГ/ПДР SIRI ($r_s = 0,46$), SII ($r_s = 0,37$) та AISI ($r_s = 0,36$).

Крім того, кореляційний Spearman's rank (загальна група НВГ) показав, що стадія рубеозу за Weiss достовірно корелює з рівнем BOT ($r_s = 0,53$). Морфометричні параметри ЦТ демонстрували ще тісніші зв'язки з активністю неоваскулярного процесу ($p < 0,001$): коефіцієнт кореляції між рубеозом та CBTmax становив $r_s = 0,64$, а між рубеозом та CBT1 – $r_s = 0,71$. Показник BOT мав помірний зв'язок з CBTmax ($r_s = 0,49$). Між показниками CBT1 та CBTmax виявлено тісну взаємну кореляцію ($r_s = 0,70$), що підтверджує їхню внутрішню узгодженість та відображає єдиний структурно-функціональний процес ремоделювання ЦТ при НВГ (рис. 3).

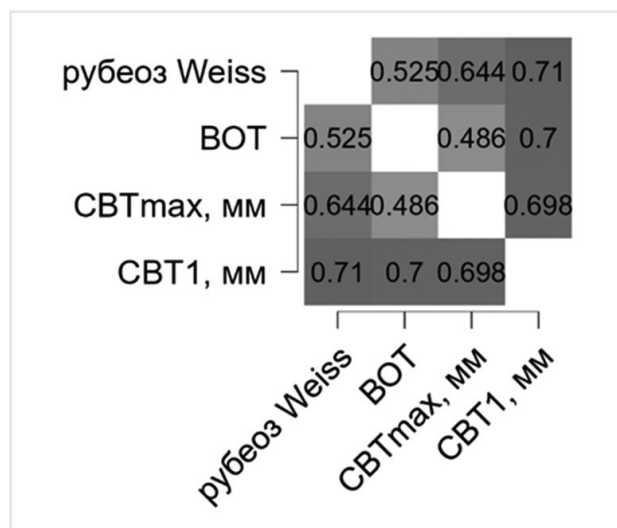


Рис. 3. Heat map кореляцій Spearman's rank, що відображає взаємозв'язки між стадією рубеозу райдужки за Weiss, рівнем внутрішньоочного тиску та морфометричними параметрами циліарного тіла (CBT1 і CBTmax) з контролем за групою морфометрії циліарного тіла. Інтенсивність кольору відповідає силі та напрямку кореляцій; усі наведені кореляції ($p < 0,001$).

У пацієнтів з НВГ/ПДР нами також виявлено виражений зворотний зв'язок між морфометричними показниками ЦТ та тривалістю ПДР: значення СBT1 ($r_s = -0,65$) і СBTmax ($r_s = -0,69$) зменшувалися зі збільшенням тривалості захворювання ($p < 0,05$). На нашу думку, ці дані дозволяють припустити наявність часо-во залежного переходу від набряково-гіпероб'ємного до атрофічного фенотипу ЦТ в процесі прогресування захворювання.

З метою ідентифікації незалежних предикторів потовщення ЦТ та кількісної оцінки внеску системного запалення у формування морфометричних змін переднього сегмента ока при НВГ проведено багатофакторний лінійний регресійний аналіз. Залежною змінною виступав показник СBTmax. До моделі включили клінічний параметр (BOT), локальний морфометричний показник (СBT1), системні імунзапальні індекси (SII, SIRI, AISI), а також нозологічну належність до групи НВГ (табл. 2).

Багатофакторний лінійний регресійний аналіз продемонстрував, що максимальна товщина циліарного тіла (СBTmax) статистично пов'язана насамперед із системними імунзапальними показниками. У базовій моделі ($R^2 = 0,23$; $R^2_{adj} = 0,20$; $p < 0,001$) незалежними предикторами СBTmax були SIRI ($\beta = 0,52$; $p < 0,001$), AISI ($\beta = -0,72$; $p < 0,001$) та СBT1 ($\beta = 0,32$;

$p = 0,004$), тоді як BOT і SII не продемонстрували статистично значущого впливу. Після включення змінної «належність до групи НВГ» пояснювальна здатність моделі зросла ($R^2 = 0,38$; $R^2_{adj} = 0,34$; $p < 0,001$), а сама належність до НВГ стала найсильнішим незалежним фактором ($\beta = 0,43$; $p < 0,00001$).

Це свідчить, що морфометричні зміни ЦТ при НВГ зумовлені переважно системно-запальним і неоваскулярним компонентами, тоді як рівень BOT не є самостійним детермінантом потовщення ЦТ.

У парному кореляційному аналізі за Spearman's rank BOT демонстрував значущий зв'язок із СBTmax, однак у багатофакторній моделі цей зв'язок втрачав значущість. Така розбіжність вказує на опосередкований характер асоціації BOT із морфометрією ЦТ, імовірно через вплив системного запалення та етіологічної належності НВГ.

Перевірка припущень лінійної регресії підтвердила коректність моделі: ознак значущої мультиколінеарності не виявлено ($VIF < 3$), стандартизовані залишки відповідали нормальному розподілу (Shapiro–Wilk $p > 0,05$), показник Durbin–Watson становив 1,47, що не свідчить про клінічно значущу автокореляцію.

Отримані кореляційні зв'язки підтримують наше припущення щодо існування єдиної структурно-запальної осі НВГ, у межах якої системне запалення, активність рубцевої та морфологічні зміни переднього сегмента ока перебувають у тісній взаємодії.

Обговорення

При ЦД набряк ЦТ формується внаслідок поєднаного впливу діабетичної мікроангіопатії, ішемії переднього сегмента, ендотеліальної дисфункції та системної імунзапальної активації, що супроводжується підвищенням судинної проникності й інтерстиціальною трансудацією на тлі порушення функції ендотелію та зростання прозапальних медіаторів із залученням VEGF та молекул адгезії [25]. Показано, що за цих умов відбувається збільшення товщини та об'єму ЦТ, що відображає розвиток набряково-гіпероб'ємних морфологічних змін [26], тоді як за даними УЗБ ЦТ демонструє високу чутливість до ішемії, запалення та судинних порушень [7]. Цей процес має комплексний структурно-функціональний характер, що чітко візуалізується за допомогою УЗБ, яка безпосередньо оцінює морфологію ЦТ [23] навіть за наявності не-прозорих оптичних середовищ [27].

При НВГ УЗБ має принципові переваги над іншими методами візуалізації переднього сегмента, оскільки забезпечує високу просторову роздільну здатність циліарної зони, надійне кількісне вимірювання параметрів ЦТ та можливість оцінки структурних змін в умовах вираженої ішемії або неоваскуляризації [7]. Метод дозволяє візуалізувати структури іридокорнеального кута та циліарного тіла навіть у складних клінічних ситуаціях, коли застосування оптичних методів візуалізації є обмеженим [28]. Показано, що

Таблиця 2. Багатофакторний лінійний регресійний аналіз предикторів максимальної товщини циліарного тіла (СBT_{max})

Змінна	Моделі 1 β (p)	Моделі 2 β (p)
BOT	-0,05 (0,64)	-0,04 (0,65)
SIRI	0,52 (0,0001)	0,34 (0,007)
SII	-0,01 (0,93)	-0,04 (0,80)
AISI	-0,72 (0,0002)	-0,49 (0,006)
СBT ₁ , мм	0,32 (0,004)	0,15 (0,15)
Належність до групи НВГ	–	0,43 (<0,00001)
R ²	0,23	0,38
Скоригований R ²	0,20	0,34
F, p	7,26; <0,001	11,95; <0,001

Примітки: Модель 1 — багатофакторна лінійна регресійна модель без урахування належності до групи НВГ; Модель 2 — модель з включенням змінної «належність до групи НВГ»; β — стандартизований коефіцієнт регресії; R² — коефіцієнт детермінації; скоригований R² — скоригований коефіцієнт детермінації; F — критерій Фішера; p — рівень статистичної значущості.

Скорочення: СBT_{max} — максимальна товщина циліарного тіла; СBT₁ — товщина циліарного тіла на рівні 1 мм позаду склерального шпора; SII — Systemic Immune-Inflammation Index; SIRI — Systemic Inflammation Response Index; AISI — Aggregate Index of Systemic Inflammation; BOT — внутрішньоочний тиск; НВГ — неоваскулярна глаукома.

морфометрія ЦТ за даними УЗБ може мати прогностичне значення, зокрема для оцінки ефективності трансклеральної циклофотокоагуляції [29].

Хронічна гіперглікемія призводить до зменшення капілярної перфузії та зниження об'ємного внутрішньоочного кровотоку [30]. Локальна ішемія переднього сегмента ока призводить до підвищення судинної проникності та розвитку інтерстиціального набряку стромы циліарного тіла [7]. Ішемічне ушкодження супроводжується активацією VEGF-залежних сигнальних шляхів і прозапального каскаду з підвищенням експресії IL-6, TNF- α [30] та молекул адгезії (ICAM-1), що зумовлює порушення ендотеліального бар'єра та посилену плазматичну трансудацію [30, 32]. У результаті ці процеси асоціюються зі збільшенням товщини та об'єму ЦТ [26].

Запалення є ключовим патогенетичним механізмом при оклюзіях вен сітківки та діабетичних ураженнях, що реалізується через активацію прозапальних і проангіогенних цитокінів (IL-6, TNF- α , IL-1 β , VEGF), порушення мікросудинної функції, вазогенний набряк і прогресування неоваскуляризації [33;34]. Раніше було продемонстровано прямий зв'язок між рівнями запальних факторів і вираженістю макулярного набряку при ОВС [35], а також роль системного запалення у клінічних наслідках вторинного макулярного набряку [36].

При НВГ ці механізми набувають особливого значення, оскільки венотні оклюзії є однією з провідних причин ішемічної НВГ. У нашому дослідженні при постоклюзійній НВГ системні імунзапальні індекси демонстрували найбільш виражені асоціації з морфометрією ЦТ: для СВТ1 коефіцієнт рангової кореляції зі SIRI досягав $r_s = 0,65$ та зі стадією рубцевої за Weiss – $r_s = 0,63$. Це свідчить про тісний зв'язок між системним запаленням, активністю неоваскулярного процесу та морфологічною перебудовою переднього сегмента ока.

За літературними даними, при ПЗКГ товщина ЦТ є зниженою й становить близько 0,56–0,57 мм для СВТ1 та близько 0,87 мм для СВТmax, що відповідає компактному морфологічному фенотипу ЦТ [27]. У здорових осіб ці показники є вищими (СВТ1 = 0,81 мм; СВТmax = 1,25 мм), що відображає фізіологічний стан ЦТ [9].

На відміну від цього, при НВГ виявляється принципово інший морфометричний профіль. В цієї роботі у пацієнтів з НВГ/ОВС та при НВГ/ДРП тривалістю до 5 років товщина ЦТ суттєво перевищує як нормальні, так і характерні для ПЗКГ значення: СВТ1 коливалася в межах 1,17–1,50 мм, а СВТmax досягала 1,64 мм, що фактично відповідає подвоєнню фізіологічних показників і дозволяє припустити формування гіпероб'ємного, запально-набрякового фенотипу ЦТ. Також реактивні морфометричні зміни ЦТ описані після вітректомії з тампонадою газом або силіконом, що підтверджує високу чутливість циліарного тіла до порушень мікроциркуляції та запального впливу [36].

Результати багатфакторного регресійного аналізу підтвердили незалежний внесок системного запалення

у формування морфологічних змін ЦТ. У базовій моделі скоригований коефіцієнт детермінації становив $R^2_{adj} = 0,20$, а після включення змінної «групи НВГ» зростає до $R^2_{adj} = 0,34$, що відповідає поясненню 20–34% варіабельності СВТmax. Незалежними предикторами потовщення ЦТ залишалися SIRI ($\beta = 0,34$; $p < 0,01$) та AISI ($\beta = -0,49$; $p < 0,01$), тоді як BOT не мав статистично значущого впливу.

Подібні значення коефіцієнта детермінації повідомляються і в інших дослідженнях, присвячених морфометрії переднього сегмента ока при ПЗКГ та судинних ураженнях сітківки, де пояснювальна здатність багатфакторних моделей, як правило, не перевищує 0,30–0,35 [9; 21; 38]. Це підтверджує, що в умовах багатоконпонентного патогенезу НВГ такий рівень пояснювальної здатності є методологічно обґрунтованим і клінічно інтерпретованим.

Натомість при перебігу ПДР понад 5 років у нашому дослідженні спостерігалось достовірне зменшення товщини ЦТ до значень, близьких до нижньої межі норми або навіть до показників, характерних для ПЗКГ (СВТ1 0,57–0,64 мм; СВТmax 0,74–1,00 мм). Це, імовірно, свідчить про перехід до атрофічного фенотипу ЦТ, що формується внаслідок хронічної ішемії, прогресуючої мікросудинної облітерації та тривалого низькоінтенсивного системного запального навантаження.

Таким чином, потовщення або витончення ЦТ при вторинній НВГ може розглядатися як інтегральний маркер поєднаних ішемічних та запальних процесів, що реалізуються через порушення локальної мікроциркуляції та неоваскуляризацію і можуть відігравати роль у формуванні клінічного перебігу захворювання.

Висновки

1. У пацієнтів з неоваскулярною глаукомою товщина циліарного тіла за даними ультразвукової біомікроскопії істотно варіює залежно від етіології та тривалості захворювання. Найбільші медіанні значення спостерігаються при постоклюзійній НВГ та при НВГ на тлі ПДР тривалістю до 5 років, коли показники СВТ1 досягають 1,25–1,39 мм, а СВТmax – 1,63–1,66 мм. Такі значення фактично відповідають подвоєнню фізіологічних показників (СВТ1 = 0,82 мм у контролі) і дозволяють припустити формування гіпероб'ємного, запально-набрякового фенотипу циліарного тіла. Натомість при тривалості діабетичної ретинопатії понад 5 років відзначається різке зменшення товщини циліарного тіла (СВТ1 = 0,57–0,64 мм; СВТmax = 0,74–1,00 мм), що свідчить про ймовірну атрофічну трансформацію.

2. Системні імунзапальні індекси (SII, SIRI, AISI) при НВГ достовірно зростають зі стадією рубцевої за Weiss і демонструють тісний зв'язок із морфометрією циліарного тіла. На стадіях Weiss 2–3 значення SII підвищуються більш ніж у 2 рази, AISI – у 2,5–3 рази, а SIRI – у 1,3–2 рази порівняно з контролем, що відо-

бражає стабільність системно-запального компоненту НВГ.

3. Багатофакторний регресійний аналіз підтвердив незалежний внесок системного запалення у формування морфологічних змін циліарного тіла: індекси SIRI та AISI зберігали статистичну значущість після корекції на клінічні та морфометричні чинники. Це свідчить, що структурні зміни циліарного тіла при НВГ асоціюються з ішемічно-запальним патогенетичним каскадом і відіграють роль у формуванні клінічного перебігу захворювання.

Авторський внесок

Автори ОГ, ВС, НК, ОК та ОЗ підтверджують повну відповідальність за наступне: концепцію та дизайн дослідження, збір даних, аналіз та інтерпретацію результатів, а також підготовку рукопису. Усі автори схвалили остаточний варіант рукопису.

Подяка

Автори висловлюють глибоку подяку доктору медичних наук, професору, заступнику директора з інновацій та зовнішніх зв'язків ДУ «Інститут ОХ та тканинної терапії ім. В.П. Філатова НАМН України» Андрію КОРОЛЮ за підтримку у виконанні роботи та написанні цієї статті.

Фінансування

Стаття є частиною науково-дослідної роботи за темою «Вивчити особливості змін структур переднього відділу ока, його кровообігу і теплообміну при неоваскулярній глаукомі і травмі», (№ держреєстрації 0119U101215), 2019-2021 рр.

Конфлікти інтересів

Автори заявляють, що вони не мають конфлікту інтересів, який міг би вплинути на їхню думку щодо предмета або матеріалів, описаних і обговорених у цьому рукописі.

Відмова від відповідальності

Висловлені в представленій статті думки є власними, а неофіційними позиціями установи.

Конфлікти інтересів

Автори заявляють про відсутність жодного реального чи потенційного конфлікту інтересів (фінансові, персональні, професійні та інші інтереси), які б могли вплинути на думку стосовно предмету чи матеріалів описаних та обговорених в даній рукописі.

Заява про дотримання етичних норм

Ця робота проводилася за участю людей. Це дослідження було схвалено місцевим комітетом з біоетики. Усі пацієнти дали інформовану згоду на участь у дослідженні. Дослідження було проведено згідно з Гельсінською декларацією. До цього дослідження тварини не були включені.

Заява про доступність даних

Дані, отримані та проаналізовані під час цього дослідження, можна отримати у відповідального автора за обґрунтованим запитом.

Список скорочень

НВГ – неоваскулярна глаукома; ДР – діабетична ретинопатія; ПДР – проліферативна діабетична ретинопатія; ОВС – оклюзія вен сітківки; ЦТ – циліарне тіло; УЗБ – ультразвукова біомікроскопія; UBM – ultrasound biomicroscopy; CBT1 – товщина циліарного тіла на рівні 1 мм позаду склерального шпора; CBTmax – максимальна товщина циліарного тіла; BOT – внутрішньоочний тиск; SII – Systemic Immune-Inflammation Index; SIRI – Systemic Inflammation Response Index; AISI – Aggregate Index of Systemic Inflammation; PLT – тромбоцити ($\times 10^9$ /л); NEU – нейтрофіли ($\times 10^9$ /л); MON – моноцити ($\times 10^9$ /л); LYM – лімфоцити ($\times 10^9$ /л); VEGF – vascular endothelial growth factor; ICAM-1 – міжклітинна молекула адгезії 1.

Література

1. Hayreh SS. Neovascular glaucoma. *Prog Retin Eye Res.* 2007 Sep;26(5):470-85. doi: 10.1016/j.preteyeres.2007.06.001.
2. Dumbrăveanu L, Cușnir V, Bobescu D. A review of neovascular glaucoma. Etiopathogenesis and treatment. *Rom J Ophthalmol.* 2021 Oct-Dec;65(4):315-329. doi: 10.22336/rjo.2021.66.
3. Guzun O, Zadorozhnyy O, Chargui W. Modern strategy for the treatment of neovascular glaucoma secondary to ischemic retinal lesions [in Ukrainian]. *Journal of Ophthalmology (Ukraine).* 2024;2(517):32-39.
4. Zett C, Stina DMR, Kato RT, Novais EA, Allemann N. Comparison of anterior segment optical coherence tomography angiography and fluorescein angiography for iris vasculature analysis. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2018 Apr;256(4):683-691. doi: 10.1007/s00417-018-3935-7.
5. Zadorozhnyy O, Alibet Y, Kryvoruchko A, Levytska G, Pasyechnikova N. Dimensions of ciliary body structures in various axial lengths in patients with rhegmatogenous retinal detachment. *J Ophthalmol (Ukraine).* 2017;6:32-35. doi: 10.31288/oftalmolzh201763236
6. Kovalchouk AG. Substantiating the potential for a new technique (impedance oculopneumoplethysmography) to assist in diagnosing microvascular ciliary body ischemia. *Oftalmol Zhurn.* 2018;38(3):85-97. doi: 10.31288/oftalmolzh201838597
7. Warjri GB, Senthil S. Imaging of the Ciliary Body: A Major Review. *Semin Ophthalmol.* 2022 Aug;37(6):711-723. doi: 10.1080/08820538.2022.2085515.
8. Yousef YA, AlNawaiseh I, AlShawaqfeh MS, Alomari A, Al-Dolat W, AlBdour M. Ultrasound biomicroscopy measurements of the normal thickness of the ciliary body and iris. *J Clin Med.* 2022;11(9):2483. doi:10.3390/jcm11092483.
9. Ren J, Wu H, Zhang H, Li M, Wang N, Chen X. Characteristics of the ciliary body in healthy subjects quantified by ultrasound biomicroscopy. *J Clin Med.* 2022;11(13):3696. doi:10.3390/jcm11133696.
10. Guo L, Liu Y, Huang X, Liu Q, Shen Z, Wu Y, Yang L. Anterior segment features in neovascular glaucoma: An ultrasound biomicroscopy study. *Eur J Ophthalmol.* 2025 Jan;35(1):214-220. doi: 10.1177/11206721241252476.
11. Nongpiur ME, He M, Amerasinghe N, Friedman DS, Tay WT, Baskaran M, Smith SD, Wong TY, Aung T. Lens vault, thickness, and position in Chinese subjects with angle closure. *Ophthalmology.* 2011 Mar;118(3):474-9. doi: 10.1016/j.optha.2010.07.025.

12. Sun X, Dai Y, Chen Y, Yu DY, Cringle SJ, Chen J, et al. Primary angle closure glaucoma: What we know and what we don't know. *Prog Retin Eye Res.* 2017 Mar;57:26-45. doi: 10.1016/j.preteyeres.2016.12.003.
13. Bulu A, Keser S. The relationship between pan-immune inflammation value and different stages of diabetic retinopathy in patients with type 2 diabetes mellitus: a prospective cross-sectional study. *BMC Endocr Disord.* 2025 Jul 23;25(1):184. doi: 10.1186/s12902-025-02007-x.
14. Deng R, Zhu S, Fan B, Chen X, Lv H, Dai Y. Exploring the correlations between six serological inflammatory markers and different stages of type 2 diabetic retinopathy. *Sci Rep.* 2025 Jan 10;15(1):1567. doi: 10.1038/s41598-025-85164-2.
15. Gong Y, Wang L, Li Q, et al. Evaluating neutrophil-lymphocyte ratio, systemic immune-inflammation index, and systemic inflammation response index for diagnosing and predicting progression in diabetic retinopathy: a cross-sectional and longitudinal study. *BMC Ophthalmol.* 2025 Jul 8;25(1):398. doi: 10.1186/s12886-025-04222-5.
16. Jia R, Yin Y, Shan H. Systemic inflammatory response index as a novel biomarker for age-related macular degeneration: a cross-sectional study from NHANES (2005-2008). *Front Nutr.* 2025 Mar 6;12:1540933. doi: 10.3389/fnut.2025.1540933.
17. Zhang A, Ning L, Han J, et al. Neutrophil-to-lymphocyte ratio as a potential biomarker of neovascular glaucoma. *Ocul Immunol Inflammation.* 2021;29(2):417].
18. Ogura S, Kurata K, Hattori Y, et al. Sustained inflammation after pericyte depletion induces irreversible blood-retina barrier breakdown. *JCI Insight.* 2017 Feb 9;2(3):e90905. doi: 10.1172/jci.insight.90905.
19. Bhutia CU, Kaur P, Singh K, Kaur S. Evaluating peripheral blood inflammatory and metabolic biomarkers as predictors in diabetic retinopathy and diabetic macular edema. *Indian J Ophthalmol.* 2023 Jun;71(6):2521-2525. doi: 10.4103/IJO.IJO_345_23.
20. Harley O, Amelia YS, Gustianty E, Soetedjo NNM, Kartasmita AS. Exploring leukocyte differential count ratio profiles as inflammatory biomarkers in diabetic retinopathy: a systematic review and meta-analysis. *BMC Ophthalmol.* 2025 May 1;25(1):265. doi: 10.1186/s12886-025-04075-y.
21. Kazantzis D, Machairoudia G, Kroupis C, Theodossiadis G, Theodossiadis P, Chatziralli I. Complete Blood Count-Derived Inflammation Indices and Retinal Vein Occlusion: A Case-Control Study. *Ophthalmol Ther.* 2022 Jun;11(3):1241-1249. doi: 10.1007/s40123-022-00511-0.
22. Niu TT, Xiao Y, Lyu WJ, Zhou H. Serologic parameters in young patients with retinal vein occlusion treated with anti-vascular endothelial growth factor. *Int J Ophthalmol.* 2025 Mar 18;18(3):424-434. doi: 10.18240/ijo.2025.03.09.
23. Li J, Drechsler J, Lin A, Widlus M, Qureshi A, Stoleru G, et al. Repeatability and Reliability of Quantified Ultrasound Biomicroscopy Image Analysis of the Ciliary Body at the Pars Plicata. *Ultrasound Med Biol.* 2021;47(7):1949-1956. doi:10.1016/j.ultrasmedbio.2021.03.002
24. Weiss D, Gold D. Neofibrovascularization of iris and anterior chamber angle: A clinical classification. *Ann Ophthalmol.* 1978;10:488-491.
25. Yang DR, Wang MY, Zhang CL, Wang Y. Endothelial dysfunction in vascular complications of diabetes: a comprehensive review of mechanisms and implications. *Front. Endocrinol.* 2024; 15:1359255. doi: 10.3389/fendo.2024.1359255
26. Kim C Yu HG. Changes in ciliary body thickness in patients with diabetic macular edema after vitrectomy. *Retina.* 2012 Jul;32(7):1316-23. doi: 10.1097/IAE.0b013e318236e81d.
27. Silverman RH. High-resolution ultrasound imaging of the eye: a review. *Clin Exp Ophthalmol.* 2009;37(1):54-67. doi:10.1111/j.1442-9071.2008.01892.x.
28. Qin YJ, Luo FL, Zeng J, Zhang YL, Xie WJ, Chen YL, et al. Thinning of maximum ciliary body thickness: a potential early indicator for pseudophakic malignant glaucoma in primary angle closure glaucoma. *BMC Ophthalmol.* 2025;25(1):250. doi:10.1186/s12886-025-04100-0.
29. Safwat AMM, Hammouda LM, El-Zembely HI, Omar IAN. Evaluation of ciliary body by ultrasound bio-microscopy after trans-scleral diode cyclo-photocoagulation in refractory glaucoma. *Eur J Ophthalmol.* 2020 Nov;30(6):1335-1341. doi: 10.1177/1120672119899904.
30. Guzun OV, Zadorozhnyy OS, Velychko LM, Bogdanova OV, Dumbrăveanu LG, Cușnir VV, et al. The effect of intercellular adhesion molecule-1 and glycated haemoglobin on the management of diabetic neovascular glaucoma. *Rom J Ophthalmol.* 2024;68(2):135-142. doi:10.22336/rjo.2024.25.
31. Campochiaro PA. Ocular neovascularization and excessive vascular permeability. *Prog Retin Eye Res.* 2020;78:100847. doi:10.1016/j.preteyeres.2020.100847
32. Noma H, Yasuda K, Shimura M. Cytokines and inflammatory factors in retinal vascular diseases. *Prog Retin Eye Res.* 2019;70:1-27. doi:10.1016/j.preteyeres.2018.11.001
33. Noma H, Yasuda K, Shimura M. Cytokines and Pathogenesis of Central Retinal Vein Occlusion. *J Clin Med.* 2020 Oct 27;9(11):3457. doi: 10.3390/jcm9113457.
34. Siqueira RC, Brandão CC. The Role of Cytokines in Degenerative Retinal Diseases: A Comprehensive Review. *Biomedicines.* 2025;13(7):1724. doi:10.3390/biomedicines13071724.
35. Noma H, Mimura T, Eguchi S. Association of Inflammatory Factors With Macular Edema in Branch Retinal Vein Occlusion. *JAMA Ophthalmol.* 2013;131(2):160-165. doi:10.1001/2013.jamaophthalmol.228
36. Böhm EW, Wolfrum P, Welzel AM, Schuster AK, Wagner FM, Gericke A, et al. Systemic inflammation in retinal vein occlusion and its role in clinical outcomes of secondary macular edema. *J Clin Med.* 2026;15(2):407. doi:10.3390/jcm15020407.
37. Ünsal E, Eltutar K, Karini B, Kızılay O. Assessment of Anterior Segment Changes in Pseudophakic Eyes, Using Ultrasonic Biomicroscopic Imaging, after Pars Plana Vitrectomy with Silicone Oil or Gas Tamponade. *J Ophthalmol.* 2016;2016:8303792. doi: 10.1155/2016/8303792.
38. Chen SY, He N, Yan YJ, Fan X, Wu LL. Ultrasound biomicroscopic imaging demonstrate thinner ciliary body thickness in eyes with angle closure. *Int J Ophthalmol.* 2022 Sep 18;15(9):1476-1482. doi: 10.18240/ijo.2022.09.10.

УДК 617.735/.736-007.17-08

Clinico-functional assessment of patients with pachychoroid neovascularopathy after intravitreal administration of angiogenesis inhibitors with photodynamic therapy

Yusupov A. F., Karimova M. Kh., Rakhimova D. A., Khamraeva U. Sh., Khodzhaeva Z. A.

Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center for Eye Microsurgery, Tashkent (Uzbekistan)

Клініко-функціональна оцінка пацієнтів з пахіхоріоїдною неоваскулопатією після інтравітреального введення інгібіторів ангіогенезу з фотодинамічною терапією

Юсупов А.Ф., Карімова М.Х., Рахімова Д.А., Хамраєва У.Ш., Ходжаєва З.А.

Республіканський спеціалізований науково-практичний медичний центр мікрохірургії ока, Ташкент (Узбекистан)

Abstract

Objective. To compare clinical and structural outcomes of combination therapy (anti-VEGF + PDT) versus anti-VEGF monotherapy in patients with pachychoroid neovascularopathy (PNV) during 12-month follow-up.

Materials and Methods: The study included 64 patients (74 eyes) with PNV. Examinations were performed prior to treatment and at designated intervals: 1, 3, 6, and 12 months from the beginning of therapy. Patients were divided into two groups: the main group (40 eyes) and the control group (34 eyes). The main group included 34 patients (40 eyes), with baseline central retinal thickness (CRT) of $410.26 \pm 113.48 \mu\text{m}$ and central choroidal thickness (CCT) of $485.89 \pm 102.65 \mu\text{m}$. The control group included 30 patients (34 eyes), with CRT of $405.89 \pm 102.65 \mu\text{m}$ and CCT of $483.46 \pm 102.54 \mu\text{m}$. Patients in the main group received the following combined

regimen: one intravitreal injection of 6 mg brolocizumab followed by one session of PDT with chlorin e6-based photosensitizer. Thus, during the entire observation period, patients in this group received one Anti-VEGF injection and one PDT session. PDT and brolocizumab injections were performed according to standard protocols. Subsequent treatment cycles were performed in following regimen: the interval between PDT procedures was at least 3 months, while the average interval between brolocizumab injections was approximately 1.5 months. Patients in the control group received three load-injections of 6 mg brolocizumab at 4-week intervals.

Results. In the main group, BCVA increased moderately from 0.28 ± 0.14 at baseline to 0.38 ± 0.23 at the 12-month follow-up, whereas in the control group it remained relatively stable, measuring 0.31 ± 0.26 at month 1 and 0.35 ± 0.24 at month 12. Improvement in functional outcomes was accompanied by anatomical improvements: a reduction in central retinal thickness (CRT) from $410.26 \pm 113.48 \mu\text{m}$ to $262.46 \pm 146.40 \mu\text{m}$ at the 12-month follow-up, confirmed by the resorption of subretinal fluid (SRF) and a decrease in retinal pigment epithelium (RPE) detachments. A significant reduction in central choroidal thickness (CCT) was noted—from $485.89 \pm 102.65 \mu\text{m}$ to $413.21 \pm 96.23 \mu\text{m}$ after 1 month, $413.91 \pm 92.25 \mu\text{m}$ after 3 months, $414.21 \pm 106.23 \mu\text{m}$ after 6 months, $415.30 \pm 108.64 \mu\text{m}$ by the end of the monitoring period. In the control group, improvement in BCVA was less pronounced (0.31 ± 0.26 before treatment and 0.35 ± 0.24 at 12 months). Changes in morphological parameters occurred early: CRT was reduced by the first month of observation (from $405.89 \pm 102.65 \mu\text{m}$ before therapy to $267.35 \pm 43.65 \mu\text{m}$ after 1 month, $266.45 \pm 93.65 \mu\text{m}$ after 3 months, $266.45 \pm 93.65 \mu\text{m}$ after 6 months, followed by a slight raise up to $268.4 \pm 43.5 \mu\text{m}$ by the 12-month mark. Therefore, CCT remained stable throughout the treatment period, maintain-

DOI: <https://doi.org/10.31288/UJO202615562>

UDC: 617.7

Corresponding author: Khamraeva Umida, PhD student, Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center for Eye Microsurgery. E-mail address - umidakhamraeva21@gmail.com

Received 2025-08-14

Accepted 2026-02-15

Cite this article as: Yusupov A.F., Karimova M.Kh., Rakhimova D.A., Khamraeva U.Sh., Khodzhaeva Z.A. Clinico-functional assessment of patients with pachychoroid neovascularopathy after intravitreal administration of angiogenesis inhibitors with photodynamic therapy. Ukrainian Journal of Ophthalmology. 2026;1:55-62.



This is an open access article under the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license

© Yusupov A.F., Karimova M.Kh., Rakhimova D.A., Khamraeva U.Sh., Khodzhaeva Z.A., 2026

ing a value comparable to baseline ($483.46 \pm 102.54 \mu\text{m}$). A significant reduction in central retinal thickness and central choroidal thickness, as well as improvement in BCVA, was observed in the combination therapy group over the 6- and 12-month follow-up periods compared to the brolocizumab monotherapy group. These effects were associated with the resorption of subretinal fluid as a result of neovascular membrane occlusion.

Conclusion. The inclusion of photodynamic therapy (PDT) with a chlorin e6-based photosensitizer in the treatment regimen for pachychoroid neovascularopathy (PNV) leads to the restoration of anatomical and functional parameters and reduces the recurrence of the disease in patients with PNV.

Keywords: pachychoroid neovascularopathy, age-related macular degeneration, photodynamic therapy, central retinal thickness, central choroidal thickness.

Резюме

Мета. Порівняти клінічні та структурні результати комбінованої терапії (анти-VEGF + PDT) з монотерапією анти-VEGF у пацієнтів з пахіхоріоїдною неоваскулопатією (ПНВ) протягом 12-місячного спостереження. **Матеріали та методи:** У дослідженні взяли участь 64 пацієнти (74 ока) з ПНВ. Обстеження проводилися до лікування та через визначені інтервали: 1, 3, 6 та 12 місяців від початку терапії. Пацієнти були розділені на дві групи. До основної групи увійшли 34 пацієнти (40 очей) з вихідною центральною товщиною сітківки (ЦТС) $410,26 \pm 113,48 \mu\text{m}$ та центральною товщиною хоріоїдеї (ЦХТ) $485,89 \pm 102,65 \mu\text{m}$. Контрольна група включала 30 пацієнтів (34 ока) з CRT $405,89 \pm 102,65 \mu\text{m}$ та CCT $483,46 \pm 102,54 \mu\text{m}$. Пацієнти основної групи отримували комбіноване лікування: одна інтравітреальна ін'єкція 6 мг бролуцизумабу з подальшим одним сеансом фотодіабетної терапії (ФДТ) з фотосенсибілізатором на основі хлорину еб. ФДТ та ін'єкції бролуцизумабу проводилися за стандартними протоколами. Режим наступних циклів лікування: інтервал між процедурами ФДТ щонайменше 3 місяці, середній інтервал між ін'єкціями бролуцизумабу - приблизно 1,5 місяця. Пацієнти контрольної групи отримували три навантажувальні ін'єкції 6 мг бролуцизумабу з інтервалом у 4 тижні.

Introduction

Pachychoroid neovascularopathy (PNV), first described by Pang and Freund, is a maculopathy characterized by choroidal neovascularization (CNV) occurring in areas of choroidal thickening and dilated choroidal vessels. PNV is considered part of the so-called "pachychoroid" spectrum disorders, which are believed to arise from a pathologically congested choroidal vascular network, and it has been recently proposed that they represent a pathophysiological continuum [1]. This is a rarely encountered subtype of neovascular age-related macular degeneration (nAMD), characterized by dilation of Haller's layer vessels, thinning of the choriocapillaris layer, and type 1 choroidal neovas-

Результати. В основній групі BCVA помірно збільшилася з $0,28 \pm 0,14$ на початку дослідження до $0,38 \pm 0,23$ через 12 місяців спостереження, тоді як у контрольній групі вона залишалася відносно стабільною, становлячи $0,31 \pm 0,26$ через 1 місяць та $0,35 \pm 0,24$ через 12 місяців. Покращення функціональних результатів супроводжувалося анатомічними покращеннями: зменшенням центральної товщини сітківки (CRT) з $410,26 \pm 113,48 \mu\text{m}$ до $262,46 \pm 146,40 \mu\text{m}$ через 12 місяців спостереження, що підтверджено резорбцією субретинальної рідини (SRF) та зменшенням відшарування пігментного епітелію сітківки (RPE). Було відзначено значне зменшення центральної товщини хоріоїдеї (ЦХТ) — з $485,89 \pm 102,65 \mu\text{m}$ до $413,21 \pm 96,23 \mu\text{m}$ через 1 місяць, $413,91 \pm 92,25 \mu\text{m}$ через 3 місяці, $414,21 \pm 106,23 \mu\text{m}$ через 6 місяців, $415,30 \pm 108,64 \mu\text{m}$ до кінця періоду спостереження (рис. 3). У контрольній групі покращення BCVA було менш вираженим ($0,31 \pm 0,26$ до лікування та $0,35 \pm 0,24$ через 12 місяців). Зміни морфологічних параметрів відбулися рано: CRT знизилася до першого місяця спостереження (з $405,89 \pm 102,65 \mu\text{m}$ до терапії до $267,35 \pm 43,65 \mu\text{m}$ через 1 місяць, $266,45 \pm 93,65 \mu\text{m}$ через 3 місяці, $266,45 \pm 93,65 \mu\text{m}$ через 6 місяців, а потім незначно підвищилася до $268,4 \pm 43,5 \mu\text{m}$ до 12-місячної позначки). Таким чином, CCT залишалася стабільною протягом усього періоду лікування, зберігаючи значення, порівнянне з вихідним рівнем ($483,46 \pm 102,54 \mu\text{m}$). Значне зменшення центральної товщини сітківки та центральної товщини хоріоїдеї, а також покращення BCVA спостерігалося в групі комбінованої терапії протягом 6- та 12-місячних періодів спостереження порівняно з групою монотерапії бролуцизумабом. Ці ефекти були пов'язані з резорбцією субретинальної рідини в результаті оклюзії неоваскулярної мембрани.

Висновок. Включення фотодинамічної терапії (ФДТ) з фотосенсибілізатором на основі хлорину еб до схеми лікування пахіхоріоїдної неоваскулопатії (ПНВ) призводить до відновлення анатомічних та функціональних параметрів і зменшує рецидиви захворювання у пацієнтів з ПНВ.

Ключові слова: пахіхоріоїдна неоваскулопатія, вікова макулярна дегенерація, фотодинамічна терапія, центральна товщина сітківки, центральна товщина хоріоїдеї.

cularization, which can now be differentiated owing to the use of optical coherence tomography (OCT) angiography mode. In the case of neovascular AMD, leakage of dye from pathological new vessels, into retinal structures appears as hyperfluorescence, which increases in intensity and extension throughout the examination duration. This leakage is classified by its location (subfoveal, juxtafoveal, or extrafoveal) and by its features (classic, occult, or mixed) [2]. The prevalence of PNV reaches up to 46% among all AMD cases in Asian populations and up to 13% in Caucasians. The chronic, progressive nature of the disease can have a significant impact on patients' quality of

life, imposing substantial time burden, limiting their ability to perform day-to-day tasks and have a significant emotional impact [3]. To assess the morphometric parameters of the retina, an optical coherence tomograph with angiography is used in such patients. Optical coherence tomography includes obtaining a macular map with further extraction from it of indicators of central retinal thickness (CRT). In addition, the presence of any type of fluid: fluid under retinal pigment epithelium (RPE) or intraretinal fluid (IRF) is determined by reviewing all structural scans of the macular map [4]. The identification of PNV via OCT has become more precise recently due to advancements in OCT technology, transitioning from time-domain to Fourier-domain systems, including spectral-domain (SD-OCT) and swept-source (SS-OCT) OCT, offering higher resolution and improved depth and eye-tracking capabilities. Subsequently, PNV has been classified into two angiographic subtypes: polypoidal CNV (type 1), located beneath the RPE, and typical PNV (type 2), with the latter more commonly observed in Chinese populations. Both subtypes are characterized by the presence or absence of feeder vessels, which are typically observed in type 1, where vascular networks resemble rakes or umbrellas. For example, the configuration of type 1 may represent a variant of AMD, whereas type 2 is more often a distinct disease entity [5]. According to recent observations, in the Asia-Pacific region, polypoidal CNV is found in 50% of patients with neovascular AMD, a prevalence significantly higher than in Caucasians, where it accounts for approximately 10–20% of nAMD cases [6]. It has also been established that drusen are less frequently detected in eyes with polypoidal CNV compared to eyes with typical nAMD. Some authors have hypothesized that polypoidal CNV may develop against a pachychoroid background, as opposed to a drusen-related one. According to this theory, both polypoidal CNV and typical PNV lie within the pachychoroid spectrum, with PNV possibly being a precursor lesion that evolves into polypoidal CNV [7]. With advances in choroidal imaging, differences in choroidal characteristics have been noted among patients with type 1 neovascularization. Fung described a subgroup of patients with type 1 neovascularization whose clinical and imaging findings aligned more with chronic central serous choroid retinopathy CSC than with AMD. Increased choroidal thickness, absence of drusen, and younger age were key features differentiating this group from nAMD patients. Notably, Fung's study established a clear temporal sequence with CSC preceding the development of type 1 neovascularization (mean interval: 139 months), confirming the pathogenic continuum. The authors also emphasized that this type of neovascularization should be distinguished from that seen in typical nAMD [8]. It is important to note that primary treatments for CSC include photodynamic therapy (PDT), subthreshold micropulse laser, and oral eplerenone or aldosterone, whereas intravitreal administration of anti-vessels endothelial growth factor (anti-VEGF) agents remains the standard for treating nAMD.

PDT can prevent leakage and improve visual function in CSC patients compared to anti-VEGF therapy or observation. However, anti-VEGF therapy has proven superior to PDT in preventing leakage and improving visual function in nAMD patients. When patients with nAMD are misdiagnosed as having CSC, micropulse laser treatment may delay nAMD therapy and promote disease progression [9,10]. Subsequently, the origin of type 1 neovascularization was described in patients with other pachychoroid disorders. Pang and Freund described the development of type 1 neovascularization in three eyes with pachychoroid pigment epitheliopathy (PPE)-related changes and introduced the term “PNV” to define this condition [11]. A hallmark of PNV is the presence of type 1 neovascularization, appearing on OCT as a shallow, irregular RPE detachment from Bruch's membrane, forming a “double-layer sign” over pachyvessels [12]. The presence of heterogeneously hyperreflective material beneath the RPE also suggests sub-RPE neovascularization. It is noteworthy that areas of type 1 neovascularization spatially correlate with pachychoroid features [13]. Autofluorescence changes may reveal alterations in the RPE over pachyvessels. Neovascularization is generally confirmed by leakage on fluorescein angiography (FA), manifesting as late leakage of an undetermined source and corresponding late staining resembling a “plaque.” Although similar angiographic features may appear in chronic CSC due to diffuse RPE dysfunction and choroidal hyperpermeability, eyes with PNV typically lack classic serous macular detachment or characteristic descending gravitational tracts seen in chronic CSC [4,8]. These differences may help identify the source of subretinal fluid, whether due to PNV or CSC. With the advent of OCT angiography, diagnosing and confirming neovascularization has become easier in suspected cases of pachychoroid neovascularization. Neovascularization may be noninvasively identified on structural OCT as a tangled signal flow network between the RPE and Bruch's membrane, corresponding to a flat, irregular RPE detachment. Eyes with pachychoroid spectrum features and flat, irregular RPE detachment on SD-OCT should be further evaluated using OCTA to detect potential neovascular tissue. AMD is a progressive disease of the macula and the third major cause of blindness worldwide. If not treated appropriately, AMD can progress to involve both eyes. Until recently, the treatment options for AMD have been limited, with photodynamic therapy (PDT) the mainstay of treatment. Although PDT is effective at slowing disease progression, it rarely results in improved vision. Several therapies have been or are now being developed for neovascular AMD, with the goal of inhibiting VEGF. At present, established therapies have met with great success in reducing the vision loss associated with neovascular AMD, whereas those still under investigation offer the potential for further advances. In AMD patients, these therapies slow the rate of vision loss and in some cases increase visual acuity. Although VEGF-inhibitor therapies are a milestone in the treatment of these disease states, several con-

cerns need to be addressed before their impact can be fully realized [14]. Since their initial approval, anti-VEGF treatment regimens have been adapted by physicians to meet patients' needs and healthcare resource availability. It is identified and described that the growing body of evidence supporting the effectiveness of anti-VEGF therapy for the treatment of nAMD in routine clinical practice [15]. Currently, the main treatments for PNV are PDT, intravitreal injections of angiogenesis inhibitors, or their combination [3, 4, 8, 9]. PDT uses photosensitizers (PSs, non-toxic dyes) that are activated by absorption of visible light to initially form the excited singlet state, followed by transition to the long-lived excited triplet state. This triplet state can undergo photochemical reactions in the presence of oxygen to form reactive oxygen species (including singlet oxygen) that can destroy cancer cells, pathogenic microbes and unwanted tissue. The dual-specificity of PDT relies on accumulation of the PS in diseased tissue and also on localized light delivery. Tetrapyrrole structures such as porphyrins, chlorins, bacteriochlorins and phthalocyanines with appropriate functionalization have been widely investigated in PDT, and several compounds have received clinical approval [16]. According to multicenter studies EVEREST and EVEREST II, combination therapy involving PDT with the photosensitizer verteporfin and intravitreal injections of the angiogenesis inhibitor brolucizumab is the most effective for closing neovascular membranes, improving visual acuity, and reducing central retinal thickness (CRT) in PNV patients [10, 11]. In Uzbekistan, verteporfin is not yet approved for clinical use. Domestic researchers have conducted experimental and clinical studies proving the efficacy and safety of chlorin-based photosensitizers in ophthalmology. The only currently available photosensitizer is the trisodium salt of chlorin e6, which has demonstrated high efficacy in treating pachychoroid neovasculopathy [16]. No studies have been found in the literature regarding the use of PDT with chlorin e6-based photosensitizers in combination with angiogenesis inhibitors for PNV.

Objective of the study: To compare clinical and structural outcomes of combination therapy (anti-VEGF + PDT) versus anti-VEGF monotherapy in patients with pachychoroid neovasculopathy during 12-month follow-up.

Material and Methods

In our prospective study, 64 patients (74 eyes) with pachychoroid neovasculopathy (PNV) were enrolled, including 28 men and 36 women, with a mean age of 56.2 ± 6.0 years. The study was conducted in accordance with the principles of the Declaration of Helsinki and approved by the Ethics Committee for Medical Research of the Republic of Uzbekistan. Written informed consent was obtained from all patients prior to inclusion in the study. Inclusion criteria were confirmed diagnosis of pachychoroid neovasculopathy (PNV); absence of previous intravitreal anti-VEGF therapy in the study eye; age > 18 years; abil-

ity to comply with study protocol and follow-up schedule. Exclusion criteria were post-thrombotic retinopathy; diabetic retinopathy; inflammatory or degenerative ocular diseases; ocular trauma; autoimmune or syndromic ocular disorders; congenital ocular anomalies; hypersensitivity to brolucizumab or any component of the drug. Follow-up duration was 12 months.

All patients underwent standard ophthalmic examinations, including visometry with the measurement of best-corrected visual acuity (BCVA), tonometry, perimetry, A-scan and B-scan ultrasonography. This was followed by a comprehensive set of specialized ophthalmological procedures.

Morphometric parameters of the retina and choroid were assessed using the DRI OCT Triton plus swept-source OCT system with angiography (Topcon, Japan; Ver. 10.13), equipped with Swept-source 3D macula enhanced-depth imaging. Four SS-OCT protocols were performed for each subject and repeated three times: 3D raster scanning of the optic disc and macula (6×6 mm), radial scanning, and linear scanning. Automated measurements were performed using segmentation software. Repeatability was assessed using intraclass correlation coefficients (ICC). A macular thickness map was obtained, and central retinal thickness (CRT) was extracted. The presence of intraretinal fluid (IRF), subretinal fluid (SRF), and sub-RPE fluid was determined by reviewing all B-scans. IRF was defined as hyporeflective round cavities within the neurosensory retina in at least one cross-section. SRF was defined as hyporeflective space between the neurosensory retina and the RPE. Sub-RPE fluid was defined as hyporeflective space between Bruch's membrane and the RPE.

Examinations were performed prior to treatment and at designated intervals: 1, 3, 6, and 12 months from the beginning of therapy.

Patients were divided into two groups: the main group (40 eyes) and the control group (34 eyes). The main group included 34 patients (40 eyes), with baseline central retinal thickness (CRT) of 410.26 ± 113.48 μ m and central choroidal thickness (CCT) of 485.89 ± 102.65 μ m. The control group included 30 patients (34 eyes), with CRT of 405.89 ± 102.65 μ m and CCT of 483.46 ± 102.54 μ m (Fig. 1).

Patients in the main group received the following combined regimen: one intravitreal injection of 6 mg brolucizumab at baseline, followed by one session of photodynamic therapy (PDT) with a chlorin e6-based photosensitizer 48 hours later. During follow-up, additional brolucizumab injections were administered on a pro re nata (PRN) basis if OCT/OCT-A signs of disease activity (intraretinal/subretinal fluid, increase in CRT, or CNV reactivation) were detected. Repeat PDT was not included in the study protocol. Patients in the control group received three loading intravitreal injections of 6 mg brolucizumab at 4-week intervals, followed by PRN injections using the same retreatment criteria.

Photodynamic therapy was performed using (chlorin e6-based photosensitizer) at a standard dose of 6 mg/m² of body surface area, administered intravenously over 10 minutes. PDT was performed 48 hours after intravitreal brolucizumab injection to reduce neovascular activity and minimize exudative complications. Laser irradiation was delivered at 662 nm, energy density 50 J/cm², with a spot size corresponding to the neovascular membrane plus a 500-μm safety margin.

Repeat PDT was not included in the study protocol. In cases of recurrence, patients were withdrawn from the study and treated individually outside the protocol, and relapse frequency was recorded.

Primary outcomes of the treatment were: change in best-corrected visual acuity (BCVA); change in central retinal thickness (CRT). Secondary outcomes were: change in central choroidal thickness (CCT); presence or resolution of intraretinal fluid, subretinal fluid, and sub-RPE fluid on OCT; rate of disease recurrence; number of injections/PDT procedures during follow-up; safety outcomes, including ocular and systemic adverse events (Fig. 2).

For statistical data processing, MedCalc 18.4.1 (MedCalc Software, Belgium) was used. Data are presented as mean ± standard deviation. One-way repeated-measures ANOVA was applied to evaluate the significance of changes in visual acuity before treatment and after three injections. Differences were considered statistically significant at $p < 0.05$.

Results

In the main group, BCVA increased moderately from 0.28 ± 0.14 at baseline to 0.38 ± 0.23 at the 12-month follow-up, whereas in the control group it remained relatively stable, measuring 0.31 ± 0.26 at month 1 and 0.35 ± 0.24 at month 12 (Table 1, Fig 3).

Baseline characteristics (age, BCVA, CRT, and CCT) did not differ significantly between the groups (Table 1).

Improvement in functional outcomes was accompanied by anatomical improvements: a reduction in central retinal thickness (CRT) from 410.26 ± 113.48 μm to 262.46 ± 146.40 μm at the 12-month follow-up, confirmed

by the resorption of subretinal fluid (SRF) and a decrease in retinal pigment epithelium (RPE) detachments. Similar increases in choroidal thickness, dilated Haller's layer vessels, and thinning of the choriocapillaris were observed at the sites of type 1 choroidal neovascularization. A significant reduction in central choroidal thickness (CCT) was noted—from 485.89 ± 102.65 μm to 413.21 ± 96.23 μm after 1 month, 413.91 ± 92.25 μm after 3 months, 414.21 ± 106.23 μm after 6 months, 415.30 ± 108.64 μm by the end of the monitoring period (Fig 3.). In the control group, improvement in BCVA was less pronounced (0.31 ± 0.26 before treatment and 0.35 ± 0.24 at 12 months). Changes in morphological parameters occurred early: CRT was reduced by the first month of observation (from 405.89 ± 102.65 μm before therapy to 267.35 ± 43.65 μm after 1 month, 266.45 ± 93.65 μm after 3 months, 266.45 ± 93.65 μm after 6 months, followed by a slight raise up to 268.4 ± 43.5 μm by the 12-month mark. Therefore, CCT remained stable throughout the treatment period, maintaining a value comparable to baseline (483.46 ± 102.54 μm). This suggests that the positive anatomical and functional response was achieved during the “loading dose” phase—three intravitreal injections of brolucizumab at 4-week intervals—followed by regression over time. It should be emphasized that in some cases in both the main and control groups, relapses were observed by the third month, with reaccumulation of CRT and CCT, subretinal hemorrhages, and the need for additional treatment.

When comparing the main and control groups, CRT and CCT values at months 6 and 12 were lower in the main group than in the control group. Thus, adding PDT with chlorin e6 to the PNV treatment regimen led to improved anatomical and functional outcomes by month 6, with sustained effects through month 12. The reduction in CCT, corresponding with improved BCVA and decreased CRT in the combination therapy group, indicates the pathogenetic validity of PDT in PNV treatment. PDT, acting on abnormal choroidal vessels involved in the disease process, reduces their activity. Meanwhile, anti-angiogenic therapy promotes SRF resorption. Therefore, combination therapy provides superior anatomical and functional out-

Table 1. Baseline values of the parameters studied in patients before treatment

Parameter	Main group (combined therapy)	Control group (brolucizumab monotherapy)	p-value
Number of patients, n	34	30	-
Number of eyes, n	40	34	-
Age, years (M ± SD)	56.2 ± 4.0	58.4 ± 6.0	0.074
Best-corrected visual acuity (BCVA)	0.28 ± 0.14	0.31 ± 0.26	0.55
Central retinal thickness (CRT), μm (M ± SD)	410.26 ± 113.48	485.89 ± 102.65	0.004
Central choroidal thickness (CCT), μm (M ± SD)	405.89 ± 102.65	483.46 ± 102.54	0.002

Notes: BCVA – best-corrected visual acuity; CRT – central retinal thickness; CCT – central choroidal thickness; SD – standard deviation.

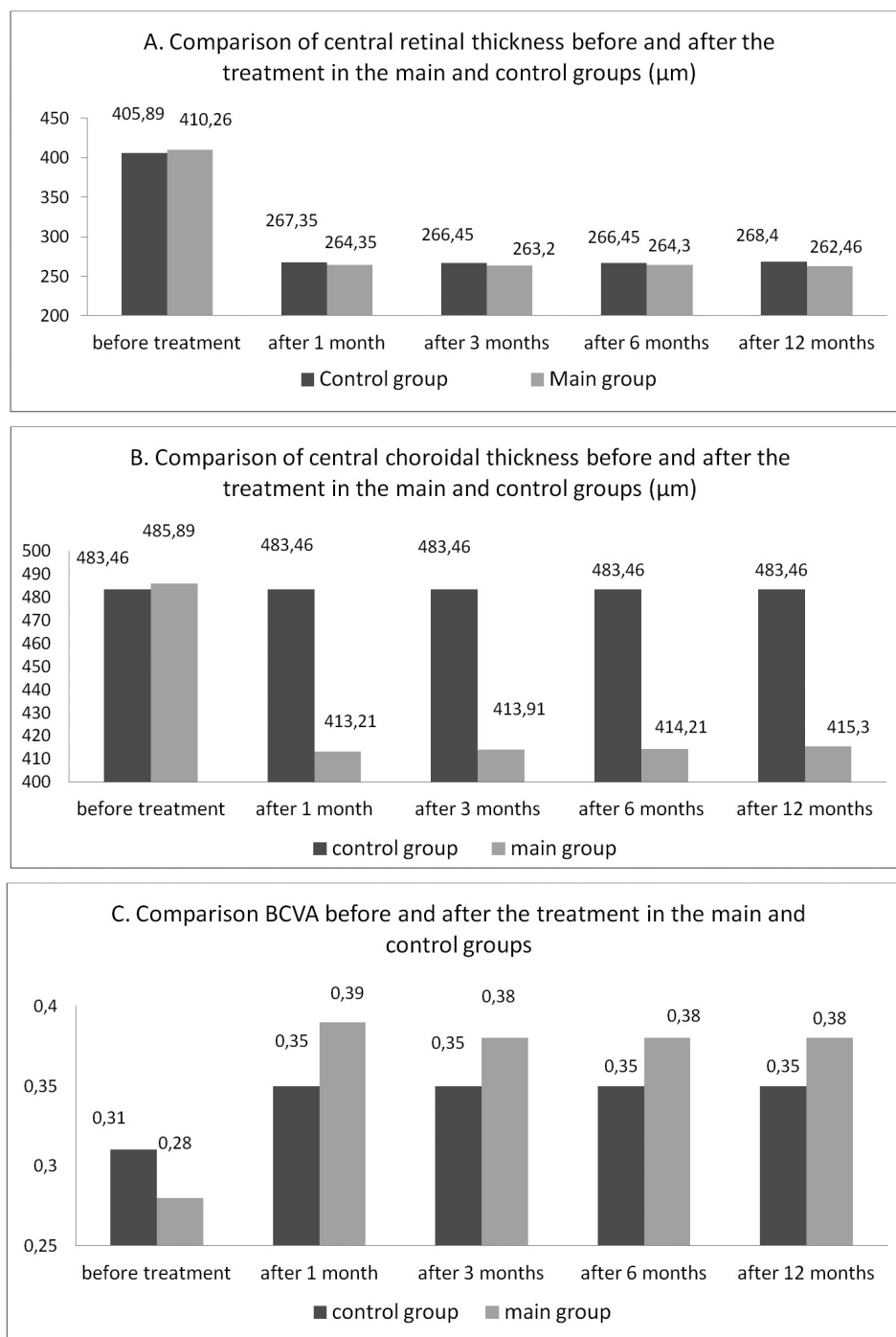


Fig.3. Comparison of the central retinal thickness (A), central choroidal thickness (B), Best corrected visual acuity (C) before and after the treatment in the main and control groups (μm).

comes compared to brolucizumab monotherapy in PNV patients at the 6- and 12-month follow-ups.

During the 12-month follow-up period, patients in the main group received one intravitreal brolucizumab injection and one PDT session. Patients in the control group received three loading injections of brolucizumab. At 12 months, CRT and CCT values in the main group remained lower than those in the control group. Thus, inclusion of PDT with chlorin e6 resulted in significant anatomical and

functional improvement by month 6 and stability of outcomes up to 12 months.

No severe ocular or systemic complications related to therapy were detected. Some patients in both groups developed recurrence by month 3 with CRT/CCT increase and occasional subretinal hemorrhage, requiring additional treatment. These events reflected disease activity rather than treatment-related complications.

Discussion

A significant reduction in central retinal thickness and central choroidal thickness, as well as improvement in BCVA, was observed in the combination therapy group over the 6- and 12-month follow-up periods compared to the brolucizumab monotherapy group. These effects were associated with the resorption of subretinal fluid as a result of neovascular membrane occlusion. The inclusion of photodynamic therapy (PDT) with a chlorin e6-based photosensitizer in the treatment regimen for pachychoroid neovascularopathy (PNV) leads to the restoration of anatomical and functional parameters and reduces the recurrence of the disease in patients with PNV.

The findings of the present study are consistent with current concepts of pachychoroid-driven neovascular activity and its responsiveness to adjunctive vascular-targeted therapies described in recent reviews of the pachychoroid spectrum [11, 12]. The observed post-PDT reduction in choroidal thickness parallels prior reports linking therapeutic vascular remodeling with decreased choroidal hyperperfusion and suppression of type 1 neovascularization [9, 11]. These findings complement existing evidence that optimized anti-VEGF strategies alone may not fully address the pachychoroid component of disease, thereby supporting the rationale for combination approaches [2, 8, 15]. From a mechanistic perspective, the use of chlorin e6-based photosensitizers is consistent with established photodynamic principles demonstrating selective vascular occlusion and sustained inhibition of pathological neovascular complexes [16]. Thus, incorporation of PDT into combined therapy for PNV not only improves anatomical and functional outcomes by month 6 but also ensures sustained treatment efficacy for up to 12 months.

Author Contributions

Yu.A.F.: Conceptualization, Analysis, Project Administration, K.M.Kh.: Conceptualization, Writing – review & editing; R.D.A.: Data collection and analysis, Writing – original draft; Kh.U.Sh.: Writing – original draft; Writing – review & editing, Formal Analysis. Kh.Z.A.: Data collection and analysis, Formal Analysis. All authors read and approved the final manuscript.

Disclaimers

The views expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent the official position of their affiliated institution or any funding source.

Funding

No financial support was received for this study.

Conflict of Interest

The authors declare that they have no conflicts of interest related to this work.

Data Availability Statement

The datasets generated and/or analyzed during the current study are available from the corresponding author upon reasonable request. Due to institutional policy and patient confidentiality, raw data are not publicly available.

Abbreviations

PNV – pachychoroid neovascularopathy, PDT – photodynamic therapy, SRF – subretinal fluid, RPE – retinal pigment epithelium, CNV – choroidal neovascularization, nAMD – neovascular age-related macular degeneration, OCT – optical coherence tomography, SD-OCT – spectral-domain OCT, SS-OCT – swept-source OCT, CSC – central serous chorioretinopathy, anti-VEGF – anti-Vascular Endothelial Growth Factor.

Reference

1. Siedlecki J, Klaas JE, Keidel LF, Asani B, Luft N, Priglinger SG, Schworm B. Progression of pachychoroid neovascularopathy into aneurysmal type 1 choroidal neovascularization or polypoidal choroidal vasculopathy. *Ophthalmol Retina*. 2022;6(9):807–813. doi.org/10.1016/j.oret.2022.04.004
2. Schmidt-Erfurth U, Chong V, Loewenstein A, Larsen M, Souied E, Schlingemann R, et al. Guidelines for the management of neovascular age-related macular degeneration by the European Society of Retina Specialists (EURETINA). *Br J Ophthalmol*. 2014;98(9):1144–1167. doi.org/10.1136/bjophthalmol-2014-305702
3. Pearce I, Amoaku W, Bailey C, et al. The changing landscape for the management of patients with neovascular AMD: brolucizumab in clinical practice. *Eye (Lond)*. 2022;36:1725–1734. doi.org/10.1038/s41433-022-02008-3
4. Yusupov AF, Karimova MK, Djamalova SA, Makhkamova DK, Abdullaeva SI, Zakirkhodjaeva MA, et al. The Short-term efficacy of a monoclonal antibody fragment (brolucizumab) for treating neovascular age-related macular degeneration. *J.ophthalmol. (Ukraine)* [Internet]. 2024 Jul.2 cited 2025 Jul. 1];(3):28-32. Available from: <https://ua.ozhurnal.com/index.php/files/article/view/130>
5. Talks SJ, Aftab AM, Ashfaq I, Soomro T. The role of new imaging methods in managing age-related macular degeneration. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*. 2017;6(6):498–507. doi.org/10.22608/APO.2017305
6. Ruamviboonsuk P, Ng DSC, Chaikitmongkol V, et al. Consensus and guidelines on diagnosis and management of polypoidal choroidal vasculopathy (PCV) from the Asia-Pacific Vitreo-retina Society (APVRS). *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*. 2025. doi.org/10.1016/j.apjo.2025.100144
7. Teo KYC, Zhao JZ, Klose G, Lee WK, Cheung CMG. Polypoidal choroidal vasculopathy: evaluation based on 3-dimensional reconstruction of OCT angiography. *Ophthalmol Retina*. 2024;8(2):98–107. doi.org/10.1016/j.oret.2023.11.001
8. Nguyen QD, Das A, Do DV, et al. Brolucizumab: evolution through preclinical and clinical studies and the implications for the management of neovascular age-related macular degeneration. *Ophthalmology*. 2020;127(7):963–976. doi.org/10.1016/j.ophtha.2019.12.031
9. Zhang XG, Yan M, Huang Z, Ye Y, Deng ZD, Song YP. Quantitative assessment of choroidal parameters in type 1 macular neovascularization linked to central serous chorioretinopathy and neovascular age-related macular degeneration. *Photodiagn Photodyn Ther*. 2024;49:104324. <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2024.104324>
10. Wang M, Munch IC, Hasler PW, Prunte C, Larsen M. Central serous chorioretinopathy. *Acta Ophthalmol*. 2008;86(2):126–145. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0420.2007.00889.x>

11. Cheung CMG, Dansingani KK, Koizumi H. et al. Pachycho-
roid disease: review and update. *Eye*. 2025; 39, 819–834.
<https://doi.org/10.1038/s41433-024-03253-4>
12. B Brown R, Mohan S, Chhablani J. Pachychoroid Spectrum
Disorders: An Updated Review. *J Ophthalmic Vis Res*. 2023
Apr 19;18(2):212-229. doi: 10.18502/jovr.v18i2.13188.
13. Feo A, Stradiotto E, Sacconi R, Menean M, Querques G,
Romano MR. Subretinal hyperreflective material in retinal
and chorioretinal disorders: A comprehensive review. *Surv
Ophthalmol*. 2024 May-Jun;69(3):362-377. doi: 10.1016/j.
survophthal.2023.10.013.
14. Mousa SA, Mousa SS. Current status of vascular endothelial
growth factor inhibition in age-related macular degeneration.
BioDrugs. 2010;24(3):183–194. doi.org/10.2165/11318550-
000000000-00000
15. Daien V, Finger RP, Talks JS, Mitchell P, Wong TY, Saka-
moto T, et al. Evolution of treatment paradigms in neovascu-
lar age-related macular degeneration: a review of real-world
evidence. *Br J Ophthalmol*. 2021;105(11):1475–1479. doi.
org/10.1136/bjophthalmol-2020-317434
16. Abrahamse H, Hamblin MR. New photosensitizers for pho-
todynamic therapy. *Biochem J*. 2016 Feb 15;473(4):347-64.
doi: 10.1042/BJ20150942. .

УДК 616.432 – 006:577.95:617.75:616.831.44

Встановлення залежності між стадією росту пухлини гіпофіза та зоровими функціями за допомогою площі зони тиску пухлини на хіазму

Єгорова К. С., лікар-офтальмолог, канд. мед. наук; Гук М. О., лікар-нейрохірург, д-р мед. наук, професор; Українець О. В., лікар-нейрохірург, доктор філософії

ДУ «Інститут нейрохірургії ім. акад. А. П. Ромоданова НАМН України», Київ (Україна)

Establishing the relationship between the growth stage of a pituitary tumor and visual functions using the area of the zone of chiasmal pressure from the tumor

Iegorova E. S., Guk M. O., Ukrainets O. V.

SI «Romodanov Neurosurgery Institute, National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kyiv (Ukraine)

Резюме

Мета: Побудова математичної моделі хіазмальної компресії із застосуванням комп'ютерної моделі площі поверхневого тиску пухлини.

Матеріал та методи. Дослідження побудовано на результатах аналізу 361 пацієнта з компресійною оптичною нейропатією внаслідок аденоми гіпофіза (АГ), які знаходилися під спостереженням та отримували лікування на базі відділення ендоназальної нейрохірургії основ черепа та групи нейроофтальмології ДУ «Інститут нейрохірургії ім. акад. А. П. Ромоданова НАМН Укра-

їни», в період 2018–2024 рр. Всім хворим проводилося клініко-неврологічне, офтальмологічне обстеження, використовувались інструментальні методи діагностики. Виконувався комплекс нейровізуалізуючих обстежень: магніторезонансна томографія (МРТ), комп'ютерна томографія (КТ).

Математичне моделювання проведено спільно з кафедрою інженерії та програмного забезпечення в енергетиці Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Дослідження базуються на моделюванні та статистичному аналізі, що відображає типову картину для подібних досліджень.

Результати. У дослідженні взяв участь 361 пацієнт, усі вони були розділені на групи: I група – рання стадія (невеликі АГ, $n=115$), II група – помірні стадія (середні АГ, $n=157$), III група – важка стадія (велетенські та гігантські АГ, $n=89$). Гендерний розподіл склав 54,7% жінок та 45,3% чоловіків, із середнім віком $54,3 \pm 12,5$ року. Різниця між групами виявилася статистично значущою ($p < 0,05$).

Дослідження підтвердило ефективність комплексного застосування КТ та МРТ для оцінки розмірів пухлини. Розроблена математична модель для прогнозування ($z = 377,38 + 122,19x - 2,25y - 77,74x^2 - 2,91xy + 0,02y^2$) дозволяє передбачати площу зони тиску. Визначено критичні пороги тиску на хіазму, де значення 200 умовних одиниць є переломним, а при досягненні 300 умовних одиниць спостерігаються найгірші показники з гостротою зору 0,42 та товщиною волокон 40 мкм.

Висновки. Запропонована модель має ряд суттєвих переваг порівняно з попередніми дослідженнями. По-

DOI: <https://doi.org/10.31288/UJO202616370>

UDC: 617.7

Corresponding Author: Yegorova Katerina Sergeevna. Candidate of Medical Sciences, Senior Research Fellow, Ophthalmologist, Neuro-Ophthalmology Department, The State Institution Romodanov Neurosurgery Institute National Academy of Medical Sciences of Ukraine. Address: 32 P. Maiboroda St., Kyiv, 04050, Ukraine. Email: iegorova_katya@ukr.net

Received 2025-02-19

Accepted 2026-01-16

Cite this article as: Iegorova KS, Guk MO, Ukrainets OV. Establishing the relationship between the growth stage of a pituitary tumor and visual functions using the area of the zone of chiasmal pressure from the tumor. Ukrainian Journal of Ophthalmology. 2026;(1):63-70.



This is an open access article under the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license

© Iegorova E.S., Guk M.O., Ukrainets O.V., 2026

перше, вона базується на комплексному підході, що поєднує клінічні дані з математичним моделюванням. Це дозволяє врахувати множинні параметри, такі як площа тиску, гострота зору та товщина нервових волокон. Висока точність моделі ($R^2 = 0,9910$) та чіткі кореляційні зв'язки між параметрами забезпечують надійність прогнозування. Це має важливе практичне значення для раннього виявлення патології та планування лікувальної тактики.

Ключові слова: математичне моделювання, 3D моделювання, аденома гіпофіза, оптична нейропатія, компресійна оптична нейропатія, хіазма, площа поверхневого тиску, зоровий нерв.

Abstract

Purpose: To develop a mathematical model of chiasmal compression using a computer model of the area of surface pressure from the tumor.

Material and Methods: We reviewed the medical records of 361 patients treated for compressive optic neuropathy due to pituitary adenoma (PA) at SI "Romodanov Neurosurgery Institute, NAMS of Ukraine" in 2018-2024. Patients underwent clinical neurological and ophthalmological examinations, magnetic resonance imaging (MRI), computed tomography (CT) and functional studies. Mathematical modeling was done in cooperation with the Department of Software Engineering in Energy Industry, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute". The study was based on modeling and statistical analysis.

Вступ

Серед доброякісних внутрішньочерепних пухлин хіазмально-селлярної ділянки (ХСД), що призводить до виникнення компресії опто-хіазмального комплексу (ОХК) найпоширенішою причиною є аденома гіпофіза (АГ) [1, 2]. За даними багатьох авторів, аденома гіпофіза значно поширена та займає перше місце серед усіх внутрішньочерепних об'ємних утворень [3–5].

Клінічна картина АГ залежить від багатьох характеристик: гормональної активності, напрямку поширення, швидкості росту, позиції хіазми, розмірів та об'ємної дії на оточуючі структури [6, 7].

Для визначення метричних характеристик найчастіше застосовується шкала J. Hardy (1970) [8], яка поділяє АГ на чотири типи залежно від розміру: ступінь I – менше 10 мм (мікроаденома); ступінь II – 10–20 мм; ступінь III – 20–40 мм; ступінь IV – більше 40 мм (величезна АГ).

Відсутність клінічних проявів гормональної гіперсекреції зазвичай призводить до значної затримки діагностики і тому гормонально-неактивні АГ (ГНАГ) не можуть бути ідентифіковані, доки вони не спричинять об'ємний вплив на навколишні структури. У разі гормональної інертності та при розмірах новоутворення до 40 мм, зорові розлади є ведучими та єдиними в

Results: Patients (54.7% were women and 45.3% were men; mean age, 54.3 ± 12.5 years) were divided into 3 groups: group 1, early stage (small PAs, $n = 115$), group 2, moderately advanced stage (moderate-size PAs, $n = 157$), and group 3, advanced stage (giant PAs, $n = 89$). The difference between groups was statistically significant ($p < 0.05$). The study has confirmed the efficacy of using both CT and MRI for assessing tumor size. A mathematical model ($z = 377.38 + 122.19x - 2.25y - 77.74x^2 - 2.91xy + 0.02y^2$) was developed for predicting the area of pressure zone from a PA. Critical thresholds of the area of the zone of chiasmal pressure from a PA were determined. An especially abrupt decline in retinal nerve fiber layer (RNFL) thickness was noted as pressure zone area (PZA) exceeded 200 conventional units (CU), and the worst visual acuity (VA; 0.42) and RNFL thickness (40 μm) values were noted for a PZA of 300 CU.

Conclusion: The model proposed has some substantial advantages compared to those developed previously. It is based on a complex approach that combines clinical data from various diagnostic modalities with mathematical modeling. This allows taking into account multiple parameters such as PZA, VA and RNFL thickness. High model fitness ($R^2 = 0.9910$) and clear correlations between parameters provide for a reliable prediction of the PZA. This has an important practical value for detecting the pathology and planning the treatment strategy early.

Keywords: mathematical modeling, 3D modeling, pituitary adenoma, optic neuropathy, compressive optic neuropathy, optic chiasm, surface pressure area, optic nerve.

клінічній картині захворювання. Швидкість зростання може варіювати від повільно зростаючих до швидко прогресуючих, агресивних АГ. Сукупність вищевказаних характеристик АГ має вирішальне значення щодо вибору термінів та стратегії лікування [9, 10].

Математичне моделювання стало невід'ємною частиною сучасної офтальмології: забезпечує точність діагностики, оптимізацію лікування, зменшує кількість експериментів на тваринах, сприяє розробці нових технологій.

G. McIlwaine зі співавт. [11] за допомогою побудови спрощеної математичної моделі продемонстрували, що носові волокна піддаються відносно більшому тиску для будь-якої зовнішньої стискаючої сили, що діє на хіазму. У 2008 році Kosmorsky G.S. et al. [12] провели експериментальне дослідження на аутопсійному матеріалі, створюючи хіазмальну компресію імітованою пухлиною. Було встановлено, що центральна частина зорового перехрестя піддається вищому тиску, ніж скроневі, що і пояснює схильність перехрещених нервових волокон до деформації компресією. В літературі зустрічаються повідомлення щодо експериментальних моделей хіазмальної компресії з використанням метода скінчених елементів [13–15]. Для вивчення

біомеханічної теорії особливостей стиснення хіазми та пояснення виникнення бітемпоральної геміанопсії використано метод скінченних елементів у поєднанні з компресією хіазми на аутопсійному матеріалі [16]. Результати моделювання показали, що розподіл деформації в носових (перехрещених) нервових волокнах був набагато більш нерівномірним і локально вищим, ніж у скроневих (неперехрещених) нервових волокнах.

Концепція обчислення площі тиску пухлини на хіазму та дефіциту зорової гостроти є критично важливим аспектом офтальмології та неврології. Це обчислення передбачає вимірювання розміру пухлини, яка тисне на поверхню хіазми та може призвести до зорового дефіциту. Точна оцінка цієї площі є суттєвою для визначення відповідних стратегій лікування, таких як хірургічне втручання або променева терапія, щоб зменшити тиск на хіазму та запобігти подальшому погіршенню зору. Використовуючи сучасні методи візуалізації, такі як МРТ або КТ, лікарі можуть точно виміряти розмір пухлини та обчислити вплив на зорову функцію. Ця інформація є вирішальною для розробки індивідуальних планів лікування, які спрямовані на збереження або відновлення зорової функції у пацієнтів з пухлинами, що впливають на перехрест зорових нервів.

Площа поверхневого тиску в попередніх дослідженнях не вивчалася, що визначає актуальність питання.

Мета. Побудова математичної моделі хіазмальної компресії із застосуванням комп'ютерної моделі площі поверхневого тиску пухлини.

Матеріал та методи

Дану наукову роботу виконано в ДУ «Інститут нейрохірургії ім. акад. А. П. Ромоданова НАМН України», на базі відділення ендоназальної нейрохірургії основи черепа та групи нейроофтальмології в період 2018–2024 рр.

Математичне моделювання проведено спільно з кафедрою інженерії та програмного забезпечення в енергетиці Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Дослідження базуються на моделюванні та статистичному аналізі, що відображає типову клінічну картину для подібних досліджень. Важливо відзначити наступні особливості вибірки:

- Загальна кількість: 361 пацієнт з АГ.

- Нормальний розподіл за стадіями росту АГ: I група – рання стадія (невеликі АГ, $n=115$), II група – помірна стадія (середні АГ, $n=157$), III група – важка стадія (велетенські та гігантські АГ, $n=89$).

- Гендерний розподіл: 54,7% жінок, 45,3% чоловіків.

- Середній вік: $54,3 \pm 12,5$ року.

- Вікові межі: 18–75 років.

- Тривалість спостереження: 24 місяці.

- Залучено 1 медичний центр.

- Проспективне когортне дослідження.

- Чіткі критерії включення/виключення.

Критерії включення: дорослий вік згідно з класифікацією Всесвітньої організації охорони здоров'я (18 і більше років), наявність зорових порушень (зниження гостроти зору та/або порушення поля зору), хірургічна декомпресія ОХК в результаті ендоскопічного видалення новоутворення (в об'ємі тотального та субтотального видалення), гістологічна верифікація.

Критерії виключення: розмір <10 мм в діаметрі, випадки продовженого росту пухлини, хворі з ознаками внутрішньочерепної гіпертензії та супутніми офтальмологічними захворюваннями, попередня променева терапія або радіохірургія, випадки медикаментозної декомпресії ОХК.

- Стандартизовані методи обстеження.

Ця вибірка забезпечує достатню статистичну потужність для аналізу та дозволяє робити обґрунтовані висновки щодо досліджуваних параметрів.

Всім хворим проводилося клініко-неврологічне, офтальмологічне обстеження в перед- та післяопераційному періоді; інструментальні та лабораторні методи діагностики, комплекс нейровізуалізуючих обстежень: магніторезонансна томографія (МРТ) з контрастуванням, комп'ютерна томографія (КТ).

Для проведення ОКТ використовували оптичний когерентний томограф Revo NX, (Optopol, Польща). Досліджували ОКТ-параметри екскавації ДЗН (площу, глибину та об'єм), товщину шару періпапілярних нервових волокон (RNFL), площу нейроретинального пояса (Rim area) та товщину шару гангліонарних клітин (GCC) в макулярній зоні.

Мультиспиральну КТ виконували у відділенні нейрорентгенології ІНХ на 64-зрізовому мультиспиральному комп'ютерному томографі Brilliance 64 CT (Philips, Нідерланди) у трьох проекціях (аксіальна, фронтальна, сагітальна), товщиною зрізів 0,5 мм.

МРТ-дослідження виконували у відділенні нейро-радіології та радіохірургії ІНХ на томографі Intera 1,5 TI (Philips, Нідерланди) з індукцією магнітного поля 1,5 Тл у нативному режимі та з контрастним підсиленням у трьох проекціях.

За допомогою методів нейровізуалізації визначали локалізацію, поширення, розмір новоутворення ХСД, наявність геморагій та кістозного компонента, наявність латерацізації, взаємозв'язок з оточуючими структурами.

Дослідження виконувалося відповідно до принципів біоетики з дотриманням положень Гельсінської декларації про права людини та схвалено комітетом з питань етики ДУ «Інститут нейрохірургії імені акад. А. П. Ромоданова НАМН України» (протокол №5 від 13.12.2019 р.). Всі хворі були ознайомлені з особливостями діагностичних та лікувальних заходів та підписали форму «Інформована згода».

Система моделювання базується на комплексному підході до відтворення анатомічних структур з використанням сучасних методів комп'ютерної графіки та математичного моделювання. В основі лежить використання кривих Безьє та параметричного моделювання, що дозволяє досягти високої точності при відтворенні анатомічних структур та їх деформацій.

Основою системи моделювання деформацій є використання кривих Безьє, які забезпечують: плавність переходів між контрольними точками, можливість точного математичного опису форми, ефективне керування формою через контрольні точки, збереження неперервності при деформаціях. Використання тензорного апарату дозволяє: описувати складні просторові деформації, враховувати нелінійні ефекти, зберігати фізичну коректність перетворень, контролювати напруження в моделі.

Етапи реалізації математичної моделі: ініціалізація моделі (завантаження базової геометрії, визначення контрольних точок, встановлення початкових параметрів); розрахунок деформацій (обчислення векторів зміщення, розрахунок нових позицій вершин, оновлення нормалей та текстурних координат); оптимізація (згладжування результатів, усунення артефактів, побудова топології за необхідності).

Ключовим елементом системи є потужний математичний апарат, що включає використання сплайнів для опису складних криволінійних поверхонь та тензорів деформації для розрахунку змін форми об'єктів. Інтерполяція поверхні здійснюється між ключовими точками з використанням оптимізованих алгоритмів, що забезпечують плавність переходів та реалістичність відображення.

Технічна реалізація системи передбачає використання спеціалізованого програмного забезпечення для біомедичного моделювання з інтеграцією систем візуалізації медичних даних. Важливим аспектом є оптимізація полігональної сітки та ефективне використання текстурних мап, що забезпечує баланс між точністю моделі та обчислювальною ефективністю.

На рисунках 1–3 (– див 3 стор. обкладинки) представлено серію 3D моделей, що демонструють різні етапи деформації та перетворення об'єктів. Представлена візуалізація ілюструє важливі аспекти деформаційного моделювання.

На рисунку 1 представлено нормальну текстуру нервової тканини хіазми, тоді як рисунок 2 демонструє патологічні зміни під впливом компресії пухлиною з явищами деформації нерівномірного здавлення структури. На рисунку 3 відображено кінцевий результат деформації та продемонстровано нелінійні зміни форми.

Оцінка передумов для застосування методу найменших квадратів (МНК) включала перевірку на наявність мультиколінеарності між потенційними незалежними змінними (площа тиску та товщина RNFL). Кореляційний аналіз виявив високу статистично значущу кореляцію ($r = -0,93$; $p < 0,001$) між площею тис-

ку та товщиною RNFL. Такий сильний взаємозв'язок свідчив про високий ризик мультиколінеарності при побудові множинної регресійної моделі, що могло б призвести до нестабільності та некоректної інтерпретації коефіцієнтів. Для забезпечення стійкості та надійності регресійного рівняння було прийнято рішення виключити із фінальної моделі товщину RNFL. Це рішення ґрунтувалося на етіологічній пріоритетності: площа тиску була визначена як первинний механічний фактор (причина), що ініціює патологічний процес. В свою чергу, товщина RNFL є структурним наслідком компресії. Таким чином, регресійний аналіз було сфокусовано на встановленні прямої залежності між площею тиску та гостротою зору. Фінальна модель регресії була побудована як однофакторна (single-factor), що дозволило повністю уникнути проблеми мультиколінеарності між незалежними змінними.

Статистична обробка отриманих даних проводилася з використанням статистичних пакетів SPSS Statistics v.30 та Microsoft Excel 2019. Нормальність розподілу даних перевірялася за допомогою критерію Колмогорова-Смирнова. Для опису кількісних показників використовувалися: середнє арифметичне значення (M), стандартне відхилення (SD). Якісні показники представлені як абсолютні числа та відносні частоти (%). При нормальному розподілі даних для порівняння двох незалежних груп використовувався t-критерій Стюдента. При розподілі, відмінному від нормального, застосовувався непараметричний U-критерій Манна-Уїтні. Для оцінки взаємозв'язку між показниками застосовувалися: коефіцієнт кореляції Пірсона (r) при нормальному розподілі, коефіцієнт кореляції Спірмена (ρ) при розподілі, відмінному від нормального. Для побудови прогностичних моделей використовувалися: множинний регресійний аналіз, логістична регресія. Критичний рівень значущості при перевірці статистичних гіпотез приймався рівним 0,05. Результати вважалися статистично значущими при $p < 0,05$. Обсяг вибірки був визначений шляхом попереднього розрахунку потужності дослідження з використанням програми G*Power 3.1.9.7, при цьому: рівень значущості $\alpha = 0,05$, потужність $(1-\beta) = 0,80$, розмір ефекту $d = 0,5$. Для визначення узгодженості експертних оцінок використовувався коефіцієнт кореляції Кендалла (W). Всі розрахунки проводилися з урахуванням сучасних вимог до статистичного аналізу медичних даних та представлення результатів досліджень.

Результати

На першому етапі було проаналізовано основні клінічні характеристики загальної вибірки 361 пацієнта з АГ. Залежно від розміру пухлини, пацієнти розподілені на групи (стадії): I група – рання стадія (невеликі АГ, $n=115$), II група – помірна стадія (середні АГ, $n=157$), III група – важка стадія (велетенські та гігантські АГ, $n=89$). У зв'язку з досить великим впливом на

модель показника MD – mean defect, доцільно дослідити його окремо, що буде представлено в подальших дослідженнях.

Основні досліджувані характеристики, усереднені значення та отримані статистичні дані для подальшого статистичного дослідження в залежності від стадії розвитку пухлини наведено в таблиці 1.

Для знаходження залежності $y=u(x)$ між стадіями росту та площею зони тиску АГ було проведено порівняльний аналіз між інтерполюючими функціями лінійної, квадратичної, кубічної, степеневі, гіперболічної та показникової регресії. Порівнюючи похибку апроксимації та найближчі значення між критеріями Фішера, робимо висновок, що найкраще зв'язок між

площею зони тиску пухлини та стадією росту пухлини характеризує показникова функція $Y=1,133*1,3612x$. Показникова регресія продемонструвала найбільший коефіцієнт детермінації ($R^2=0,9910$) та найкращу узгодженість з клінічною динамікою, тому була обрана як основна для прогнозування (табл. 2).

Розрахунок залежності $z=z(y)$ між площею зони тиску АГ та гостротою зору наведено в таблиці 3.

Порівнюючи похибку апроксимації та найближчі значення між критеріями Фішера, робимо висновок, що найкраще зв'язок між площею зони тиску пухлини та гостротою зору характеризує показникова функція $z=9,09*0,04y$. Отже, зв'язок між стадією розвитку пух-

Таблиця 1. Основні досліджувані параметри в групах пацієнтів ($M \pm SD$ та умовні одиниці)

Показник	Група 1 (n=115)	Група 2 (n=157)	Група 3 (n=89)	Значення критерія, p
Середня площа тиску АГ (мм ²)	98,77 ± 11,86	200,74 ± 12,42	296,68 ± 11,24	$p_{1-2} < 0,05$ $p_{1-3} < 0,05$ $p_{2-3} < 0,05$
Площа тиску АГ (у.о.)	100	200	300	-
Середня товщина RNFL (мкм)	92,4 ± 4,01	72,3 ± 4,04	52,2 ± 4,06	$p_{1-2} < 0,05$ $p_{1-3} < 0,05$ $p_{2-3} < 0,05$
Товщина RNFL (у.о.)	100	90	40	-
Гострота зору	0,801 ± 0,06	0,603 ± 0,06	0,406 ± 0,06	$p_{1-2} < 0,05$ $p_{1-3} < 0,05$ $p_{2-3} < 0,05$

Примітка: n — кількість хворих; $M \pm SD$ — середнє значення параметру з квадратичним відхиленням, АГ — аденома гіпофіза.

Таблиця 2. Параметри показникової регресії, що описує залежність між стадіями росту та площею зони тиску АГ

	Результуюча функція	Індекс кореляції	Середня похибка апроксимації	Критичний F критерій Фішера	Фактичний критерій Фішера
Показникова	$y=1,133*1,3612^x$	0,8788	2,1556%	10,128	10,172

Примітка: y — стадія росту пухлини, x — площа зони тиску.

Таблиця 3. Кореляційний зв'язок між площею зони тиску аденоми гіпофізу та гостротою зору

	Результуюча функція	Індекс кореляції	Середня похибка апроксимації	Критичний F критерій Фішера	Фактичний критерій Фішера
Лінійна	$z=0,81y+0,81$	-	8,51%	3,18	10,39
Квадратична	$z=-0,97y^2+3,86y+4,8$	0,99	4,49%	5,79	552,17
Кубічна	$z=2,07y^3+4,49y^2-5,55y+5,02$	0,9959	5,6%	6,59	321,58
Степенева	$z=0,7y^{-1,1}$	0,62	50,86%	5,99	3,73
Гіперболічна	$z=0,6+0,65/y$	0,87	73,59%	5,99	19,49
Показникова	$z=9,09*0,04^y$	0,86	3,28%	5,99	16,46

Примітка: z — площа зони тиску; y — гострота зору.

лини та гостротою зору можна встановити за допомогою рівняння $z(x)=9,09*0,041.54x$.

Проведено детальний аналіз взаємозв'язку між площею тиску АГ на хіазму, гостротою зору та товщиною RNFL (рис. 4 – див 3 стор. обкладинки).

На основі аналізу отриманих даних було встановлено наступні закономірності. Кореляційний аналіз показав, що існує сильна негативна кореляція між площею тиску та гостротою зору ($r = -0,98$, $p < 0,001$). Це означає, що зі збільшенням площі тиску гострота зору суттєво знижується. Виявлено сильну негативну кореляцію між площею тиску та товщиною RNFL ($r = -0,93$, $p < 0,001$). Виявлено також сильну позитивну кореляцію між товщиною RNFL та гостротою зору ($r = 0,83$, $p < 0,001$).

Поліноміальна регресія другого ступеня показала ідеальну відповідність даним ($R^2 = 1.0000$ для всіх моделей). Графіки демонструють нелінійний характер залежностей між змінними.

При збільшенні площі тиску спостерігається зменшення як товщини RNFL, так і гостроти зору, чітка градація показників між групами, зі збільшенням розміру пухлини погіршуються всі показники, різниця між групами статистично значуща ($p < 0,05$). Площа тиску має більший вплив на гостроту зору, ніж товщина RNFL та середня сумарна втрата світлочутливості. Збільшення площі тиску на одиницю призводить до зменшення гостроти зору на 0,109 одиниці. Збільшення площі тиску призводить до зменшення товщини RNFL, особливо різке зменшення товщини RNFL спостерігається після 200 ум. од. Збільшення товщини RNFL на одиницю призводить до покращення гостроти зору на 0,0385 одиниці. Зі збільшенням площі тиску гострота зору знижується нелінійно, найбільш різке зниження спостерігається в діапазоні 100–200 ум. од. При збільшенні площі тиску спостерігається одночасне зменшення як товщини RNFL, так і гостроти зору, що підтверджує механізм ураження зорових шляхів.

При площі тиску 300 ум. од. спостерігаються найгірші показники гостроти зору (0,42) та товщини RNFL (40 мкм). Найкращі показники – при мінімальній площі тиску (100 ум. од.): гострота зору 0,88 та товщина RNFL 100 мкм. Особливу увагу слід приділяти випадкам, коли площа тиску перевищує 200 ум. од., оскільки після цього порогу спостерігається різке погіршення показників.

Для знаходження рівняння зв'язку між змінними $z(x,y)$, де: z – площа зони тиску; x – гострота зору; y – товщина RNFL, використано багатофакторний регресійний аналіз на основі отриманих даних (рис. 5 – див 3 стор. обкладинки).

Поліноміальна регресія другого ступеня дала наступне рівняння:

$$z = 377,38 + 122,19x - 2,25y - 77,74x^2 - 2,91xy + 0,02y^2,$$

де: z – площа зони тиску (ум. од.), x – гострота зору, y – товщина RNFL (мкм). Математична модель була

побудована на основі повного масиву даних 361 пацієнта. Якість моделі було підтверджено високим коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0,9910$ (99,10%), що свідчить про її високу точність.

Найбільший вплив мають лінійний член гостроти зору ($122,19x$) та його квадратичний член ($-77,74x^2$). Вплив товщини RNFL менший ($-2,25y$). Присутній невеликий ефект взаємодії між змінними ($-2,91xy$). Квадратичний ефект товщини RNFL мінімальний ($0,02y^2$). Отримано сильну негативну кореляцію між площею тиску та гостротою зору, помірну негативну кореляцію між площею тиску та товщиною RNFL, позитивну кореляцію між гостротою зору та товщиною RNFL.

Це рівняння можна використовувати для прогнозування з високою точністю площі зони тиску АГ на основі показників гостроти зору та товщини RNFL.

Обговорення

У дослідженні взяв участь 361 пацієнт, із них 115 мали ранню стадію захворювання, 157 – помірну та 89 – важку стадію. Гендерний розподіл склав 54,7% жінок та 45,3% чоловіків, із середнім віком $54,3 \pm 12,5$ року. Різниця між групами виявилася статистично значущою ($p < 0,05$).

Дослідження підтвердило ефективність комплексного застосування КТ та МРТ для оцінки розмірів пухлини. Розроблена математична модель для прогнозування ($z = 377,38 + 122,19x - 2,25y - 77,74x^2 - 2,91xy + 0,02y^2$) дозволяє передбачати площу зони тиску АГ. Визначено критичні пороги тиску на хіазму, де значення 200 ум. од. є переломним, а при досягненні 300 ум. од. спостерігаються найгірші показники з гостротою зору 0,42 та товщиною RNFL 40 мкм.

Запропонована модель має ряд суттєвих переваг порівняно з попередніми дослідженнями [11–13]. По-перше, вона базується на комплексному підході, що поєднує клінічні дані з математичним моделюванням. Це дозволяє враховувати множинні параметри, такі як площа тиску, гострота зору та товщина RNFL.

Висока точність моделі ($R^2 = 0,9910$) та чіткі кореляційні зв'язки між параметрами забезпечують надійність прогнозування. Це має важливе практичне значення для раннього виявлення патології та планування лікувальної тактики.

На відміну від попередніх моделей [14–16], дане дослідження використовує сучасні методи візуалізації та математичного моделювання. Визначено критичні пороги тиску та встановлено чіткі кореляційні зв'язки між параметрами, що дозволяє прогнозувати перебіг захворювання. Модель проста у використанні в клінічній практиці та дозволяє оптимізувати лікувальну тактику.

Особливо важливим є визначення порогового значення площі тиску (200 ум. од.), після якого спостерігається різке погіршення показників. Це дозволяє своєчасно виявляти пацієнтів з високим ризиком про-

гресування захворювання з метою оптимізації термінів та стратегії лікування.

Проведене дослідження виявило чіткі закономірності між розвитком пухлини та змінами гостроти зору у пацієнтів. На ранніх стадіях захворювання середня гострота зору складає 0,88, знижуючись до 0,56 при помірній стадії та досягаючи 0,42 при важкій стадії. Особливо важливим є виявлення нелінійного характеру цієї залежності, з найбільш вираженим падінням показників у діапазоні площі тиску 100–200 ум. од.

Статистичний аналіз продемонстрував сильну негативну кореляцію ($r = -0,9754$) між площею тиску та гостротою зору. Розроблена поліноміальна регресійна модель другого ступеня показала високу точність ($R^2 = 0,9910$), при цьому збільшення площі тиску на одиницю призводить до зменшення гостроти зору на 0,1091 одиниці. Критичне погіршення показників спостерігається при перевищенні площі тиску 200 ум. од.

Дослідження також виявило значущий взаємозв'язок між товщиною RNFL та гостротою зору, що характеризується сильною позитивною кореляцією ($r = 0,8312$). При збільшенні товщини RNFL на одиницю відзначається покращення гостроти зору на 0,0385 одиниці. Оптимальні показники гостроти зору (0,88) спостерігаються при товщині RNFL 100 мкм, тоді як зменшення товщини до 40 мкм призводить до критичного падіння гостроти зору до 0,42.

Валідація моделі на незалежній вибірці є наступним кроком дослідження, а наявні результати підтверджуються статистичною стійкістю та високим R^2 .

У даному дослідженні враховані основні параметри компресії ОХК, що підлягають математичному обчисленню, та доведена їх кореляція з клінічними та клініко-інструментальними показниками зорової функції. Незважаючи на це, нами усвідомлено, що існують і інші чинники (щільність пухлини, інвазивність, швидкість росту, судинні та індивідуальні анатомічні параметри), які не можуть обчислюватися з допомогою даної математичної моделі, але мають значний вплив на зоровий дефіцит. Проте, інтеграція моделі в рутинний МРТ-скринінг створює новий, об'єктивний кількісний інструмент оцінки ризику необоротної втрати зору. Модель дозволяє персоналізувати показання до хірургії, чітко визначаючи момент, коли тиск досягає критичного порогу в 200 ум. од., що є невідкладним сигналом для втручання. Висока точність моделі ($R^2 = 0,991$) знижує ризик необґрунтованої затримки операції, гарантуючи, що прогноз погіршення зору відповідає фактичним змінам.

Таким чином, розроблена модель представляє собою ефективний інструмент для діагностики та прогнозування перебігу захворювання, що має важливе значення для клінічної практики.

Авторський внесок

Усі автори проаналізували результати та схвалили остаточний варіант рукопису.

Відмова від відповідальності

Висловлені в представленій статті думки є власними, а неофіційними позиціями установи.

Конфлікти інтересів

Автори заявляють про відсутність жодного реального чи потенційного конфлікту інтересів (фінансові, персональні, професійні та інші інтереси), які б могли вплинути на думку стосовно предмету чи матеріалів описаних та обговорених в даній рукописі.

Заява про дотримання етичних норм

Ця робота проводилася за участю людей. Це дослідження було схвалено місцевим комітетом з біоетики. Усі пацієнти дали інформовану згоду на участь у дослідженні. Дослідження було проведено згідно з Гельсінською декларацією. До цього дослідження тварини не були включені.

Інформована згода

Усі пацієнти дали інформативну згоду на участь у дослідженні. Дослідження було проведено згідно з Гельсінською декларацією. До цього дослідження тварини не були включені.

Заява про доступність даних

Дані, отримані та проаналізовані під час цього дослідження, можна отримати у відповідального автора за обґрунтованим запитом.

Література

1. Wang EW, Gardner PA, Zanation AM. International consensus statement on endoscopic skull-base surgery: executive summary. *Int Forum Allergy Rhinol*. 2019;9(S3):S127-S144. doi:10.1002/alr.22327
2. Asa SL, Mete O, Perry A, Osamura RY. Overview of the 2022 WHO Classification of Pituitary Tumors. *Endocr Pathol*. 2022;33(1):6-26. doi:10.1007/s12022-022-09703-7
3. Rutkowski MJ, Chang KE, Cardinal T, et al. Development and clinical validation of a grading system for pituitary adenoma consistency. *J Neurosurg*. 2020;134(6):1800-1807. Published 2020 Jun 5. doi:10.3171/2020.4.JNS193288
4. Westall SJ, Aung ET, Kejem H, Daousi C, Thondam SK. Management of pituitary incidentalomas. *Clin Med (Lond)*. 2023;23(2):129-134. doi:10.7861/clinmed.2023-0020
5. Mete O, Cintosun A, Pressman I, Asa SL. Epidemiology and biomarker profile of pituitary adenohypophysial tumors. *Mod Pathol*. 2018;31(6):900-909. doi:10.1038/s41379-018-0016-8
6. Fleseriu M, Biller BMK, Freda PU, et al. A Pituitary Society update to acromegaly management guidelines. *Pituitary*. 2021;24(1):1-13. doi:10.1007/s11102-020-01091-7
7. Ntali G, Wass JA. Epidemiology, clinical presentation and diagnosis of non-functioning pituitary adenomas. *Pituitary*. 2018;21(2):111-118. doi:10.1007/s11102-018-0869-3

8. Mooney MA, Hardesty DA, Sheehy JP, et al. Rater Reliability of the Hardy Classification for Pituitary Adenomas in the Magnetic Resonance Imaging Era. *J Neurol Surg B Skull Base*. 2017;78(5):413-418. doi:10.1055/s-0037-1603649
9. Mattogno PP, Zoli M, D'Alessandris QG, et al. Ultra-Early Treatment of Neurosurgical Emergencies with Endoscopic Endonasal Approach: Experience from Three Italian Referral Centers. *J Clin Med*. 2023;12(17):5471. Published 2023 Aug 23. doi:10.3390/jcm12175471
10. Danesh-Meyer HV, Yoon JJ, Lawlor M, Savino PJ. Visual loss and recovery in chiasmal compression. *Prog Retin Eye Res*. 2019;73:100765. doi:10.1016/j.preteyeres.2019.06.001
11. McIlwaine GG, Carrim ZI, Lueck CJ, Chrisp TM. A mechanical theory to account for bitemporal hemianopia from chiasmal compression. *J Neuroophthalmol*. 2005;25(1):40-43. doi:10.1097/00041327-200503000-00011
12. Kosmorsky GS, Dupps WJ Jr, Drake RL. Nonuniform pressure generation in the optic chiasm may explain bitemporal hemianopsia. *Ophthalmology*. 2008;115(3):560-565. doi:10.1016/j.ophtha.2007.07.004
13. Wang X, Neely AJ, McIlwaine GG, Lueck CJ. Multi-scale analysis of optic chiasmal compression by finite element modelling. *J Biomech*. 2014;47(10):2292-2299. doi:10.1016/j.jbiomech.2014.04.040
14. Wang X, Neely AJ, McIlwaine GG, Tahtali M, Lillicrap TP, Lueck CJ. Finite element modeling of optic chiasmal compression. *J Neuroophthalmol*. 2014;34(4):324-330. doi:10.1097/WNO.0000000000000145
15. Wang X, Neely AJ, McIlwaine GG, Lueck CJ. Biomechanics of chiasmal compression: sensitivity of the mechanical behaviors of nerve fibers to variations in material property and geometry. *Int J Comput Methods Eng Sci Mech* 2016;17: 165–71. doi.org/10.1080/15502287.2015.1084069.
16. Wang X, Neely AJ, Neeranjali S. Jain, Swaranjali V. Jain, Sanjiv Jain, Murat Tahtali, Gawn G. McIlwaine, Lueck CJ. Biomechanics of human optic chiasmal compression: ex vivo experiment and finite element modelling. *Medicine in Novel Technology and Devices*. 2022; 13:100113. doi.org/10.1016/j.medntd.2021.100113.

УДК 617.77-002.954-097

Імунологічна реактивність організму хворих на офтальмодемодекоз

Величко Л. М., д-р мед. наук; Богданова О. В., канд. біол. наук; Храменко Н. І. канд. мед. наук;
Макарова М. Б., канд. мед. наук; Лінчевська О. Г., лікар; Полякова С. І., д-р мед. наук;
Цуканова І. В. канд. мед. наук

ДУ «Інститут очних хвороб та тканинної терапії ім. В.П.Філатова НАМН України», Одеса (Україна)

Systemic immune reactivity in patients with ocular demodicosis

Velychko L. M., Bogdanova O. V., Khramenko N. I., Makarova M. B., Linchevska O. G.; Poliakova S. I., Tsukanova I. V.

SI «The Filatov Institute of Eye Diseases and Tissue Therapy of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine»
Odesa (Ukraine)

Резюме

Метою дослідження було вивчення стану імунної системи організму у пацієнтів із офтальмодемодекозом.

Методи. Дослідження проведено в лабораторії імунології та лабораторії клінічної діагностики ДУ «Інститут очних хвороб та тканинної терапії ім. В. П. Філатова НАМН України». Було обстежено 47 пацієнтів із офтальмодемодекозом ($29,7 \pm 17,4$ року), які проходили лікування в консультативній поліклініці ДУ «Інститут очних хвороб та тканинної терапії ім. В. П. Філатова НАМН України» та контрольна група з 20 здорових донорів ($32,8 \pm 15,2$ року). Дослідження проводили методом імуноцитохімії з використанням моноклональних анти-

тіл (МКАТ) та флуоресцентної мікроскопії. Статистичний аналіз здійснювали в електронних таблицях із використанням програми IBM SPSS Statistics (Demo).

Результати. У пацієнтів із офтальмодемодекозом спостерігалися зміни у функціонуванні імунної системи: зниження абсолютної та відносної кількості CD3 та фагоцитарної активності нейтрофілів, підвищення рівня CD16 клітин-кілерів, збільшення показника співвідношення нейтрофіли/лімфоцити. Лікування офтальмодемодекозу має включати, поряд із протипаразитарною терапією, також протизапальну терапію та імунологічну корекцію.

Ключові слова: Demodex, блефарит, запалення, імунологія, CD3, CD16, повіки.

DOI: <https://doi.org/10.31288/UJO202617176>

UDC: 617.7

Corresponding Author: Bogdanova O.V., Cand Sc (Biol) and Researcher, Immunology Laboratory, SI «The Filatov Institute of Eye Diseases and Tissue Therapy of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine». Email: aleximmun53@gmail.com

Received 2025-07-24

Accepted 2025-10-24

Cite this article as: Velychko LM, Bogdanova OV, Khramenko NI, Makarova MB, Linchevska OG, Poliakova SI, Tsukanova IV. Systemic immune reactivity in patients with ocular demodicosis. Ukrainian Journal of Ophthalmology. 2026;1:71-76.



This is an open access article under the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license

© Velychko L. M., Bogdanova O. V., Khramenko N. I., Makarova M. B., Linchevska O. G.; Poliakova S. I., Tsukanova I. V., 2026

Abstract

Purpose: To assess the status of the immune system in patients with ocular demodicosis.

Methods: This study was conducted at the Immunology Laboratory and Clinical Diagnostics Laboratory of SI «The Filatov Institute of Eye Diseases and Tissue Therapy of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine». We examined 47 patients with chronic ocular demodicosis (mean age, 29.7 ± 17.4 years) who were treated at the Consultative Polyclinic of SI «The Filatov Institute of Eye Diseases and Tissue Therapy of the NAMS of Ukraine». The control group included 20 healthy donors (mean age, 32.8 ± 15.2 years). Monoclonal antibodies (McABs) and fluorescence microscopy were used in immunohistochemistry studies. Spreadsheets and IBM SPSS Statistics (Demo) software were employed for statistical analysis.

Results: Patients with ocular demodicosis exhibited changes in immune system function, reductions in neutrophil phagocytic activity and the absolute count and percentage of CD3 and increases in the neutrophil-to-lymphocyte ratio and percentage of CD16. Treatment for ocular demodicosis

should include not only anti-parasitic therapy, but also anti-inflammatory therapy and immune correction.

Keywords: Demodex, blepharitis, inflammation, immunology, CD3, CD16, eyelids.

Вступ

Демодекозне ураження повік — поширене хронічне захворювання, на яке страждають близько 25 млн американців [1]. Нині визнано, що поширеність інвазії *Demodex* зростає з віком, уражаючи понад 80% людей віком понад 60 років, і 100% осіб, старших 70 років [2]. Кліщі роду *Demodex* поширені серед людей усіх рас і вікових груп та сприяють розвитку блефариту кількома способами: через пряме механічне ушкодження, як переносники бактерій, а також шляхом спричинення гіперчутливості й запалення. *Demodex folliculorum* може зумовлювати розвиток переднього блефариту, пов'язаного із пошкодженнями вій, а *Demodex brevis* — задній блефарит із дисфункцією мейбомієвих залоз і кератокон'юнктивітом [3]. При цьому з віком частота виявлення *D. brevis* зростає, а кількість *D. folliculorum*, як правило, залишається незмінною. До факторів ризику розвитку демодекозних блефаритів належать не лише хронічні захворювання (зокрема цукровий діабет) [1], а й зміни екологічних та соціокультурних умов, а також складна анатомічна будова повік. Між війками може накопичуватися секрет мейбомієвих залоз та залишки косметичних засобів. Усе це створює сприятливі умови для росту бактерій та розмноження паразитів, які спричиняють блефарити або ускладнюють їх перебіг. Дослідники, які вивчали популяції пацієнтів із клінічними ознаками блефариту, виявили високу частоту зараження *Demodex*, поширеність якого варіює від 29% до 90% [4]. Більшість авторів за останні вісім років повідомляють, що на частку блефариту, спричиненого *Demodex*, припадає понад 60% випадків [5].

Блефарит є найпоширенішим симптомом офтальмодемодекозу. Уражений фолікул у середньому містить від 2 до 8 особин кліща, проте їх кількість може бути значно більшою. Демодекоз очей належить до паразитарно-алергічних захворювань, у патогенезі якого провідним чинником є сенсibiлізація пацієнта продуктами життєдіяльності кліща *Demodex*. Корейські вчені, досліджуючи рівень цитокінів у слізній рідині пацієнтів із демодекозом, виявили підвищення рівня IL-1 β , IL-5, IL-7, IL-12, IL-13, IL-17, а також гранулоцитарного колонієстимулювального фактора та макрофагального запального протеїну-1 β [6]. Автори вважають, що інвазія *Demodex* відіграє обтяжливу роль у розвитку запальних захворювань очної поверхні, оскільки концентрації IL-17 і IL-1 β у слізній рідині статистично значуще знизилися після позбавлення від кліщів *Demodex*. Таким чином, зараження кліщами *Demodex* сприяє зміні рівня слізних цитокінів, зокрема

IL-17, що призводить до запалення краю повік та очної поверхні [7].

Дослідження сукупної наявності демодекозної інвазії та бактеріальної інфекції в пацієнтів із блефаритом показали наявність *Staphylococcus aureus*, *Acinetobacter baumannii*, *Streptococcus pneumoniae*, *Klebsiella oxytoca* і *Bacillus* spp. у кон'юнктивальному мішку пацієнтів, заражених *D. folliculorum*, що свідчить про підвищену ймовірність колонізації патогенними бактеріями у пацієнтів із демодекозом [8]. Склад бактеріальної спільноти у віях пацієнтів із демодекозним блефаритом відрізнявся від складу у віях здорових донорів, що вказує на зміни бактеріального різноманіття [9].

Отже, виявлення демодекозного блефариту часто ускладнене через відсутність специфічної симптоматики та мляву клінічну картину, що може бути причиною неправильного або неефективного симптоматичного лікування.

Метою дослідження було вивчення стану імунної системи організму у пацієнтів із офтальмодемодекозом.

Матеріал та методи

Дослідження проведено в лабораторії імунології та лабораторії клінічної діагностики ДУ «Інститут очних хвороб та тканинної терапії ім. В. П. Філатова НАМН України». Було обстежено 47 пацієнтів із офтальмодемодекозом, які проходили лікування в консультативній поліклініці ДУ «Інститут очних хвороб та тканинної терапії ім. В. П. Філатова НАМН України». Критеріями включення у дослідження були відсутність супутньої патології та шкідливих звичок. Зразки крові для обстеження були зібрані після повторного звернення до лікаря, коли призначене лікування не дало бажаного ефекту. На першому етапі лікування хворі не застосовували кортикостероїди, нестероїдні протизапальні препарати, гіпотензивні засоби та імуносупресанти. Усі дослідження виконано з дотриманням принципів безпеки та етичних норм відповідно до Гельсінської декларації, Конвенції Ради Європи про права людини та законодавства України (Протокол біоетичної комісії № 2 від 29.07.2025 року). Для контролю імунологічних показників обстежено групу із 20 здорових донорів (32,8 $\pm$ 15,2 року).

Наявність *Demodex* визначали в лабораторії клінічної діагностики, шляхом ідентифікації паразита на корені вій за допомогою світлової мікроскопії. Спочатку

проводили епіляцію вій (не менш як чотири з кожної повіки). Потім лабораторний матеріал (вію) поміщали на предметне скло, додавали 1-2 краплі дистильованої води й накривали препарат покривним скельцем. Під мікроскопом оцінювали вид кліщів та їхню кількість на вій. Пацієнтам з підтвердженою наявністю Demodex проводили комплексне імунологічне обстеження.

Забір крові проводили натще з ліктьової вени одноразовою вакуумною системою; 4-5 мл гепаринізованої крові розбавляли 0,9% розчином NaCl у два рази. Імунологічні дослідження проводили з використанням моноклональних антитіл (МКАТ) та флуоресцентної мікроскопії [10]. Натепер висока специфічність моноклональних антитіл дає змогу вивести лабораторні дослідження на якісно новий рівень. Використовували МКАТ вітчизняного виробництва (інститут експериментальної патології, онкології та радіобіології ім. Р. Є. Кавецького НАН України) та візуалізацію за допомогою флуоресцеїнізотіоціанату (ФІТЦ), того ж виробника. Досліджували основні показники імунної системи: CD3 (Т-клітини), CD4 (Т-хелпери-індуктори), CD8 (Т-супресори-цитотоксичні), CD16 (природні кілери), CD19 (В-лімфоцити). Основні етапи методики:

1) отримання лімфоцитарної суспензії шляхом центрифугування на градієнті фіколу (густина 1,076 г/см³, виробник – «Сіместа», Україна);

2) дворазове очищення клітин шляхом центрифугування;

3) приготування та фіксація мазків;

4) нанесення на мазок специфічних МКАТ;

5) інкубація мазків із специфічними антитілами, кон'югованими з ФІТЦ протягом 3 год;

6) остаточне промивання та мікроскопування за допомогою флуоресцентного мікроскопа (iSCOPE, Euromex, Нідерланди).

Також досліджували фагоцитарну активність гранулоцитів.

Основні етапи методики:

1) отримання гранулоцитарної суспензії шляхом центрифугування на градієнті фіколу (густина 1,119 г/см³, виробник – «Сіместа», Україна);

2) дворазове очищення клітин шляхом центрифугування;

3) відмиті нейтрофіли ресуспендували та розводили фізіологічним розчином до концентрації $2-4 \times 10^6$ кл/мкл;

4) у лунку планшета вносили 0,05 мл суспензії нейтрофілів та 0,05 мл 0,1 % суспензії латексних частинок (виробник – «Сімка», Україна);

5) центрифугували при 200 g протягом 5 хв;

6) інкубували при +40°C протягом 30 хв;

7) фіксували та готували мазки;

8) під мікроскопом (Euromex, Нідерланди; об'єктив $\times 80$, окуляр $\times 15$) підраховували відсоток клітин, які поглинули хоча б одну латексну частинку.

Співвідношення нейтрофілів до лімфоцитів, або індекс «нейтрофіли/лімфоцити» (ІНЛ), що відображає активність системного неспецифічного запалення й реакції імунної системи, визначали шляхом ділення відсоткової кількості нейтрофілів на відсоткову кількість лімфоцитів.

Статистичний аналіз виконували в електронних таблицях із використанням програми IBM SPSS Statistics (Demo). Кількісні показники оцінювали відповідно до критерію нормального розподілу Шапіро-Уїлкса. Обчислювали середні арифметичні значення (M) і стандартні відхилення (SD). Для порівняння середніх величин у нормально розподілених вибірках застосовували t-критерій Стюдента. Відмінності показників вважали статистично значущими при $p \leq 0,01$.

Результати

Отримані нами результати показали, що відносний та абсолютний рівні CD3 Т-клітин в периферичній крові пацієнтів із офтальмодемодекозом, становили відповідно $53,3 \pm 4,8$ % та $734,2 \pm 33,4$ кл/мкл (рис. 1). Це було статистично значуще нижче, ніж у здорових донорів ($62,5 \pm 3,2$ % та $1167 \pm 86,1$ кл/мкл; $p < 0,01$).

Відносний та абсолютний показники фагоцитарної активності гранулоцитів периферичної крові у пацієнтів із офтальмодемодекозом становили відповідно $42,8 \pm 4,1$ % та $685,7 \pm 61,4$ кл/мкл (рис. 2). У контрольній групі ці показники були статистично значуще вищими – $65,4 \pm 6,3$ % та $1732,2 \pm 125,3$ кл/мкл, ($p < 0,01$).

Відносний рівень CD16-клітин-кілерів у периферичній крові пацієнтів із демодекозним ураженням очей, становив $22,3 \pm 1,8$ % (рис. 3), що було статистично значуще вище, ніж у здорових донорів – $14,3 \pm 1,5$ %, ($p < 0,01$).

Рівень індексу «нейтрофіли/лімфоцити» (ІНЛ) у пацієнтів із демодекозним ураженням очей становив $2,3 \pm 0,07$ (рис. 4), що статистично значуще перевищувало відповідний показник у здорових донорів, $1,9 \pm 0,05$, ($p < 0,05$).

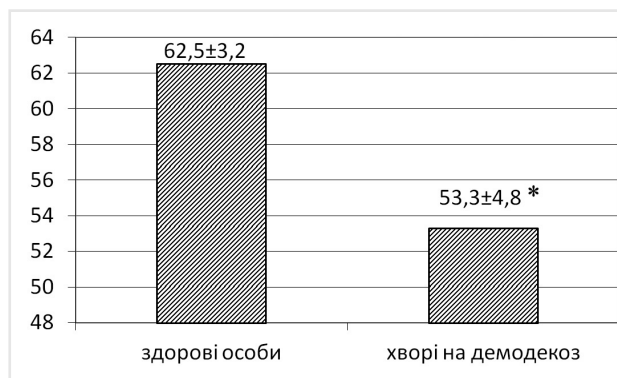


Рис. 1. Показники (M ± SD) відносного рівня Т-лімфоцитів (CD3) у контрольній групі здорових осіб (n=20) та у пацієнтів із офтальмодемодекозом (n=47). Примітка. * – рівень значущості розбіжностей $p < 0,01$.

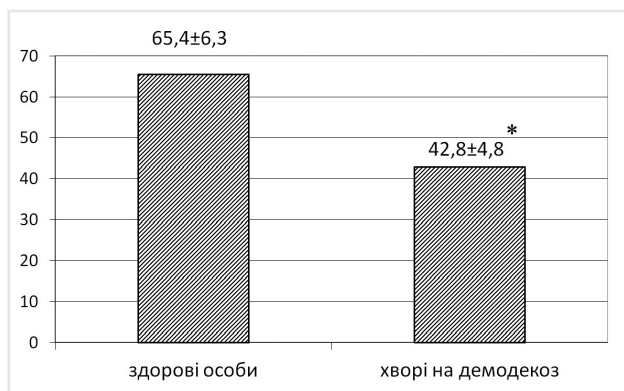


Рис. 2. Показники (M±SD) фагоцитарної активності нейтрофілів в контрольній групі здорових осіб (n=20) та у пацієнтів із офтальмодемодекозом (n=47). Примітка. * – рівень значущості розбіжностей $p < 0,01$.

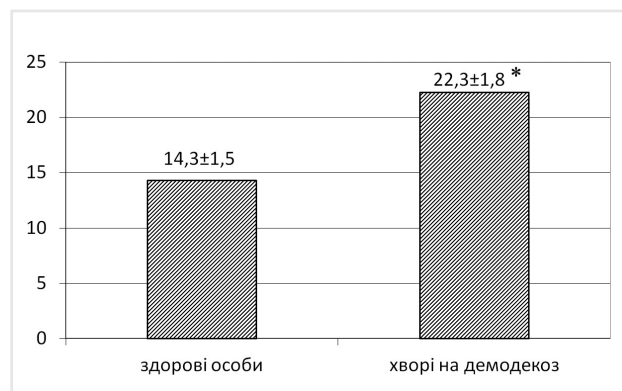


Рис. 3. Показники (M±SD) відносного рівня клітин-кілерів (CD16) у контрольній групі здорових осіб (n=20) та у пацієнтів із офтальмодемодекозом (n=47). Примітка. * – рівень значущості розбіжностей $p < 0,01$.

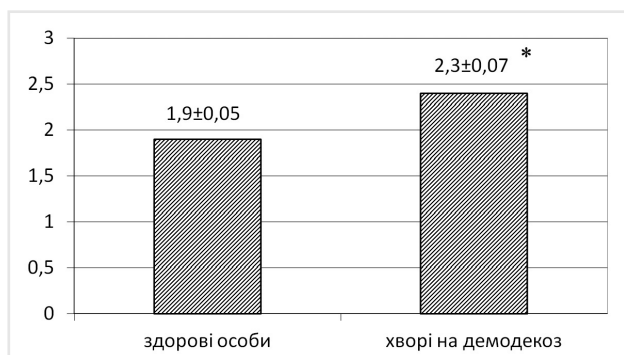


Рис. 4. Показники (M±SD) індексу «нейтрофіли/лімфоцити» у контрольній групі здорових осіб (n=20) та у пацієнтів із офтальмодемодекозом (n=47). Примітка. * – рівень значущості розбіжностей $p < 0,01$.

Таким чином, показник співвідношення нейтрофіли/лімфоцити у пацієнтів із офтальмодемодекозом був статистично значуще вищим, ніж у контрольній групі.

Обговорення

Проведені нами імунологічні дослідження показали, що у пацієнтів із демодекозом спостерігається виражений імунодефіцит Т-клітинної ланки імунітету – зниження відносної та абсолютної кількості CD3. Ймовірно, Т-клітинна недостатність є фактором схильності інвазії кліщем. Крім того спостерігалось зниження відносної кількості фагоцитуючих клітин і підвищення частки CD16 лімфоцитів-кілерів, які можуть інфільтрувати епітелій кон'юнктиви повік.

На стан імунної системи та імунологічну реактивність організму суттєво впливає функціональна взаємодія між лімфоцитами та нейтрофілами. Останніми роками численні дослідження присвячені вивченню нового гематологічного показника системного запалення та стресу — співвідношення нейтрофілів до лімфоцитів, або індексу «нейтрофіли/лімфоцити» (ІНЛ) [11, 12]. Він відображає активність системного неспецифічного запалення та відповіді імунної систе-

ми, а також може мати прогностичне значення. Було встановлено, що зростання кількості нейтрофілів на тлі зниження пулу лімфоцитів є ознакою прогресування інфекції [13]. Проте в доступній літературі відсутні дані щодо вивчення індексу «нейтрофіли/лімфоцити» у пацієнтів із офтальмодемодекозом. Варто зазначити, що у наших пацієнтів відсоткова кількість нейтрофільних гранулоцитів у периферичній крові перебувала в межах норми, але знижувалась їх фагоцитарна активність. Отже, низька фагоцитарна активність нейтрофільних гранулоцитів є несприятливою прогностичною ознакою при демодекозній інвазії, оскільки порушується здатність нейтрофілів лавиноподібно вивільняти цитотоксичні компоненти у вогнищі запалення. Імунна система пацієнтів із демодекозом компенсує цю недостатність шляхом підвищення відсоткової кількості CD16 клітин-кілерів, які також мають цитотоксичну функцію. Це підтверджують наші дані (рис 3): відсоткова кількість клітин-кілерів у пацієнтів із хронічним демодекозним ураженням повік була статистично значуще вищою, ніж у контрольній групі здорових осіб. Слід відмітити, що інші дослідники також підтвердили діагностичну чутливість ІНЛ для визначення системної інфекції та бактеріального ураження, а також його високу прогностичну цінність [12]. ІНЛ відображає динамічний баланс між вродженою (нейтрофільною) та адаптивною (лімфоцитарною) імунною відповіддю під час захворювання. Він є чутливим показником інфекційних і запальних процесів, а також сепсису, що підтверджено численними клінічними дослідженнями. ІНЛ слід досліджувати щодня, а також відстежувати його абсолютні значення та динаміку при гострому захворюванні або критичному стані. Турецькі науковці, вивчаючи ІНЛ у пацієнтів із демодекозом та розацеа, зазначають, що кліщ *Demodex* не посилює запалення безпосередньо, а впливає на розвиток захворювання через альтернативні імунні шляхи [14].

При запальних захворюваннях ока важливу роль відіграє місцевий імунітет слизової оболонки ока. У

слізних залозах відбувається синтез локальних антитіл і трансудація сироваткових антитіл у слізну рідину [15]. Вивчаючи місцевий імунітет при запальних захворюваннях очей, Н. О. Пучковська зі співавторами [16] виявили підвищення титру антитіл у слізній рідині та позитивний зв'язок між рівнем антитіл у сльозі та крові, підвищення рівня IgM і зниження рівня IgA. У дослідженнях рівнів цитокінів у слізній рідині показано, що концентрації IL-17, IL-5, IL-7 та IL-12 були значно вищими у пацієнтів із демодекозним блефаритом, ніж у групі блефариту без Demodex [7].

Аналізуючи співвідношення показників місцевого та клітинного імунного статусу пацієнтів, можна зазначити, що зміни у складі слізної рідини відображають активність запального процесу. Вищенаведені літературні дані свідчать, що демодекозний блефарит супроводжується підвищенням рівнів IgG та IgM, концентрації IL-17, IL-7, IL-12 у слізній рідині та зниженням концентрації IgA. Водночас у наших пацієнтів спостерігалось зниження показників клітинного імунітету та фагоцитарної активності нейтрофілів.

Таким чином, імунологічні порушення у пацієнтів із демодекозом сприяють прогресуванню захворювання, а лише місцеве лікування не дає бажаного ефекту, що може призвести до ускладнень. При тяжкому перебігу паразитарна інвазія охоплює глибші шари епідермісу та дерми, і елімінація паразита стає практично неможливою. Під час гістоморфологічних досліджень біоптатів повік у пацієнтів із підозрою на новоутворення були виявлені фрагменти кліща Demodex. У нормальних умовах після загибелі кліща його руйнування відбувається протягом 2-3 годин, проте при порушенні цього процесу запускається проліферативна реакція [17]. Дослідження, проведені в лабораторії патоморфології нашого інституту, виявили присутність Demodex у низці пухлин і пухлиноподібних процесів повік і кон'юнктиви, що розширює уявлення про роль демодекозної інфекції при блефариті [17, 18]. Усе це дає підстави говорити про постдемодекозний патоморфоз як самостійну проблему офтальмопатології [17, 18]. Продукти життєдіяльності кліщів (хімічні медіатори), які розповсюджуються по всій рогівці під час блимання очима, спричиняють запалення у верхній та нижній частині рогівки [19], лікування якого є складним. Попри те, що демодекозний блефарит є одним із найпоширеніших захворювань очей, його лікування залишається актуальною проблемою через тривалість терапії (30-45 днів), недостатню ефективність засобів та часті рецидиви [20, 21]. Застосування імунотерапії для корекції імунних порушень може суттєво підвищити ефективність лікування демодекозу.

У висновку, слід зазначити, що у пацієнтів із офтальмодемодекозом спостерігаються зміни у функціонуванні імунної системи – зниження абсолютної та відносної кількості CD3 та фагоцитарної активності нейтрофілів, підвищення рівня CD16 клітин-кілерів, а також збільшення індексу «нейтрофіли/лімфоцити».

Лікування офтальмодемодекозу має включати, поряд із протипаразитарною, також протизапальну терапію та імунологічну корекцію.

Авторський внесок

Величко Л.М. – розробка концепції, проектування, аналіз та інтерпретація даних; Богданова О.В. – збір даних, аналіз та інтерпретація даних, підготовка та рецензування рукопису; Храменко Н.І. – збір даних і проведення досліджень; Макарова М. Б. – збір даних і проведення досліджень; Лінчевська О.Г. – збір даних і проведення досліджень; Полякова С.І. – підготовка та рецензування рукопису; Цуканова І.В. – збір даних і проведення досліджень. Усі автори проаналізували результати та схвалили остаточний варіант рукопису.

Відмова від відповідальності

Автори засвідчують, що висловлені у поданій статті думки є власними поглядами авторів, а не офіційними позиціями установи.

Конфлікти інтересів

Автори засвідчують відсутність конфліктів інтересів, які б могли вплинути на думку стосовно предмету чи матеріалів, описаних та обговорених в цьому рукописі.

Заява про дотримання етичних норм

Дослідження проводилося за участі людей з дотриманням основних положень Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину, Гельсінської декларації та відповідали чинному законодавству України. Усі пацієнти дали інформовану згоду на участь у дослідженні, яке було схвалене місцевим комітетом з біоетики (протокол № 2 від 29.07.2025 року).

Джерела підтримки:

Відсутні.

Заява про доступність даних

Дані, отримані та проаналізовані під час цього дослідження, можна отримати у відповідального автора за обґрунтованим запитом.

Література

1. Rhee MK, Yeu E, Barnett M, Rapuano CJ, Dhaliwal D, Nichols K K, et al Demodex Blepharitis: A Comprehensive Review of the Disease, Current Management, and Emerging Therapies, Eye Contact Lens 2023 Aug 1;49(8):311-318. doi: 10.1097/ICL.0000000000001003.
2. Cheng AMS, Sheha H, Tseng SCG. Recent advances on ocular Demodex infestation. Curr Opin Ophthalmol 2015;26:295–300 DOI: 10.1097/ICU.0000000000000168
3. Lin J, Sheba H, Tseng CSG. Pathogenic role of Demodex mites in blepharitis Curr Opin Allergy Clin Immunol 2010 Oct;10(5):505-10. DOI: 10.1097/ACI.0b013e32833df9f4
4. Zhang AC, Muntz A, Wang M, Craig JP, Downie LE. Ocular demodex: A systematic review of the clinical literature. Ophthalmic Physiol Opt 2020;40:389–432 DOI:10.1111/opo.12691
5. Biernat MM, Rusiecka-Ziółkowska J, Piątkowska E, Helemejko I, Biernat P, Gościński G Occurrence of demodex spe-

- cies in patients with blepharitis and in healthy individuals: A 10-year observational study. *Jpn J Ophthalmol* 2018;62:628–633. doi:10.1007/s10384-018-0624-3
6. Kim JH, Chun YS, Kim JC Clinical and immunological responses in ocular demodectosis *J Korean Med Sci* 2011 Sep; 26(9):1231-7. doi:10.3346/jkms.2011.26.9.1231
7. Kim JT, Lee SH, Chun YS, Kim JC. Tear cytokines and chemokines in patients with Demodex blepharitis. *Cytokine*. 2011 Jan;53(1):94-9. doi: 10.1016/j.cyto.2010.08.009.
8. Pyzia J, Mankowska K, Czepita M, Kot K, Lanocha-Arendarczyk N, Czepita D Demodex Species and Culturable Microorganism Co-Infestations in Patients with Blepharitis *Life Basel*: 2023 13 (9) 1827 DOI:10.3390/life13091827
9. Zou D, Lu X, Song F, Zhong X, Chen H, Zhang J et al. Characteristics of bacterial community in eyelashes of patients with Demodex blepharitis. *Parasit Vectors*. 2024 Feb 14;17(1):64. doi: 10.1186/s13071-024-06122-x.
10. Gluzman DF, Skliarenko LM, Nadgornaia VA, Kriachok IA. [Immunocytochemistry in tumor diagnosis]. Kyiv: Morion; 2003. Russian.
11. Forget P, Khalifa C, Defour J, Latinne D, Van Pel M, De Kock M What is the normal value of the neutrophil-to-lymphocyte ratio? *BMC Res Notes* 2017 Jan 3;10(1):12.DOI: 10.1186/s13104-016-2335-5
12. Zahorec R Neutrophil-to-lymphocyte ratio, past, present and future perspectives. *Bratisl Lek Listy*. 2021;122(7):474-488. doi: 10.4149/BLL2021078.
13. Certificate of copyright registration for work № 119857 dated 19.06.2023. Authors: Khramenko NI, Drozhzhina GI, Velychko LM, Bogdanova OV [Method for diagnosing recurrence in patients with recurrent stromal herpetic keratitis based on the ratio of neutrophils to lymphocytes in peripheral blood]
14. Altunisik N, Turkmen D, Sener S. Investigation of the relationship between inflammatory blood parameters and rosacea and demodex infestation *J. Cosmet Dermatol*, 2020 Aug;19(8):2105-2108. doi: 10.1111/jocd.13254.
15. Friedman MG. Antibodies in human tears during and after infection. *Surv Ophthalmol*. 1990 Sep-Oct;35(2):151-7. doi: 10.1016/0039-6257(90)90070-c.
16. Puchkovskaya NA Shulgina NS Minev MG, Ignatov RK [Immunology of Eye Pathology] M: Medicine; 1983. 208p. Russian.
17. Artemov O, Lytvynenko M, Neskoromna N, Chebotarova S, Prus R, Oluwafemi A et al. Pathomorphosis of eyelid tumor pathology in demodectic infection *Inter Collegas* (2024).11(1): 5-10. <https://doi.org/10.35339/ic.11.1.aln>
18. Artemov OV, Lytvynenko MV, Chumachenko IV, Bondarenko AV, Dotsenko NV Ostapchuk KV et al. The influence of the demodex mite on the morphological picture of eyelid papilloma *Georgian medical news*:2024 7-8(352-353) 50-54. www.geomednews.com › Articles 2024 782024
19. Chatterjee S, Gupta J, Srinivas SP, Rao SK. Demodex and the eye – A review. *Indian J Ophthalmol*. 2024 Dec 23;73(1):10–18. doi: 10.4103/IJO.IJO_1591_24
20. Martínez-Pulgarín DF, Ávila MY, Rodríguez-Morales AJ. Interventions for Demodex blepharitis and their effectiveness: A systematic review and meta-analysis. *Cont Lens Anterior Eye*. 2021 Dec;44(6):101453. doi: 10.1016/j.clae.2021.101453.
21. Navel V, Mulliez A, Benoist d'Azy C, Baker JS, Malecaze J, Chiambaretta Fet al. Efficacy of treatments for Demodex blepharitis: A systematic review and meta-analysis. *Ocul Surf*. 2019 Oct;17(4):655-669. doi: 10.1016/j.jtos.2019.06.004.

УДК 617.7-001:616-036.86:355.01(477)

Первинна інвалідність населення України внаслідок захворювань і травм органа зору (2019–2024 рр.)

Варивончик Д. В.^{1,3}, д-р мед. наук, професор; Борисова І. С.², д-р мед. наук, професор;
Аліфанов І. С.², доктор філософії з медицини; Ясько Л. Г.¹, заступник керівника;
Копач К. Д.³, канд. мед. наук, доцент

¹ Державна установа «Український державний науково-дослідний інститут медико-соціальних проблем інвалідності Міністерства охорони здоров'я України», Дніпро (Україна)

² Дніпровський державний медичний університет, Дніпро (Україна)

³ Національний університет охорони здоров'я імені П. Л. Шупика, Київ (Україна)

Prevalence rates and numbers of persons newly recognized as having a disability due to eye disease or injury (2019-2024) in Ukraine

Varyvonchik D.V.^{1,3}, Borysova I.S.², Alifanov I.S.², Iasko L.G.¹, Kopach K.D.³

¹ State Institution "Ukrainian State Research Institute for Medical and Social Problems of Disability of Ministry of Health of Ukraine", Dnipro (Ukraine)

² Dnipro State Medical University, Dnipro (Ukraine)

³ Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv (Ukraine)

Резюме

Мета роботи. Дослідити динаміку показників інвалідності серед дорослого та працездатного населення внаслідок захворювань і травм органа зору в Україні та їх особливості в умовах військового стану.

Матеріал та методи. Дослідження за своїм видом було одноцентровим, когортним. Ретроспективно ви-

вчали показники первинної інвалідності в Україні згідно зі звітами обласних центрів медико-соціальної експертизи впродовж 2019–2024 років; проспективно – аналіз медико-соціальних експертних справ 831 пацієнта у 2024 р. Вивчалася динаміка статистичних показників первинної інвалідності серед дорослого та працездатного населення.

Результати. У 2019 р. в Україні вперше було визнано інвалідами по зору 4043 особи, що відповідало інтенсивному показнику 1,3 на 10 тис. дорослого населення. Впродовж 2019–2021 рр. показник мав тенденцію до зниження – 1,0 на 10 тис. у 2020 р. та 1,2 на 10 тис. у 2021 р. (3578 осіб). Після початку повномасштабного військового конфлікту спостерігається зростання показника до 3,0 на 10 тис. у 2023 і 2024 рр.

У 2019 р. в Україні внаслідок травм ока вперше було визнано особами з інвалідністю 524 особи, що відповідало інтенсивному показнику 0,2 на 10 тис. дорослого населення. Впродовж 2019–2021 рр. цей показник мав тенденцію до зниження до 0,1 на 10 тис. у 2020 і 2021 рр. Однак з початком військових дій загальна кількість осіб з інвалідністю внаслідок травм очей зростає до 0,2 на 10 тис. у 2022 р. та до 0,3 на 10 тис. у 2023 і 2024 рр. (928 і 831 особа відповідно).

Висновки. В дослідженні встановлено, що питома вага кількості осіб з інвалідністю внаслідок травм ока становила у період 2019–2021 рр. в середньому 12%. У воєнний період частка травм зменшилася до 10,6% у

DOI: <https://doi.org/10.31288/UJO202617784>

UDC: 617.7

Corresponding Author: Inna S. Borysova, Dr Sc (Med) and Prof., Second Department of Internal Medicine and Functional Examination, Dnipro State Medical University, Dnipro (Ukraine).
Email: doctorinnaborisova1@gmail.com

Received 2025-10-19

Accepted 2026-01-14

Cite this article as: Varyvonchik DV, Borysova IS, Alifanov IS, Iasko LG, Kopach KD Prevalence rates and numbers of persons newly recognized as having a disability due to eye disease or injury (2019-2024) in Ukraine. Ukrainian Journal of Ophthalmology. 2026;1:77-84.



This is an open access article under the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license

© Varyvonchik D.V., Borysova I.S., Alifanov I.S., Iasko L.G., Kopach K.D., 2026

2022 р.; 9,4% у 2023 р. та 10,1% у 2024 р. Але важливо, що в абсолютних цифрах визначалася чітка тенденція до підвищення кількості визнаних особами з інвалідністю внаслідок травм ока: 831 особа у 2024 р. порівняно з 380 особами в 2021 р., що відповідає збільшенню даного показника у 2,2 раза.

Ключові слова: інвалідність, захворювання органа зору, травми органа зору, військовий конфлікт.

Abstract

Purpose. To examine the dynamics of the prevalence rates and numbers of persons recognized as having a disability due to eye disease and eye injury among adult population and working-age population of Ukraine and their features under conditions of martial law.

Methods. This was a single-center, cohort study. Prevalence rates and numbers of persons newly recognized as having a disability in Ukraine were retrospectively assessed on the basis of 2019-2024 reports by regional medical and social expertise (MSE) centers. Medical and social expert cases of 831 patients for the year 2024 were prospectively reviewed in detail. Temporal changes in prevalence rates and numbers of persons newly recognized as having a disability among adult population and working-age population were assessed.

Вступ

За даними IAPBVA (The International Agency for the Prevention of Blindness Vision Atlas) у 2020 р. в світі нараховувалося біля 295 млн. слабозорих (осіб із зниженням зору від середнього до важкого ступеня із гостротою зору від 0,3 до 0,05) і 43 млн. сліпих (гострота зору менш ніж 0,05) [1]. Основними етіологічними факторами втрати зору є некориговані порушення рефракції (157 млн. слабозорих і 4 млн. сліпих), катаракта (83 млн. слабозорих і 17 млн. сліпих), вікова дегенерація макули (6 млн. слабозорих і 2 млн. сліпих), глаукома (4 млн. слабозорих і 4 млн. сліпих), діабетична ретинопатія (3 млн. слабозорих і 1 млн. сліпих осіб). Вважається, що 9/10 хворих із сліпотою та слабозорістю мають стан, який підлягає лікуванню та профілактиці [1]. Ризик втрати зору збільшується із віком пацієнтів – більшість офтальмологічних хворих (73%) є особами старше 50 років. Відомо, що річна вартість потенційних втрат продуктивності праці в світі, пов'язаних із сліпотою, становила 410,7 млрд. доларів США [2].

В Україні, згідно з дослідженнями IAPB (The International Agency for the Prevention of Blindness), у 2020 р. нараховувалося 170 тисяч сліпих і 2,14 млн. слабозорих [3]. Проблема також полягає в тому, що офтальмологічні захворювання та травми ока призводять до інвалідності. Результати українських досліджень продемонстрували, що показники інвалідності в Україні внаслідок патології зору, в тому числі внаслідок травм, впродовж 2018–2022 років були стабіль-

Results. In Ukraine, the total number of persons newly recognized as having a vision disability in 2019 was 4043, which corresponded to an annual prevalence of 1.3 per 10,000 adults. During 2019-2021, the annual prevalence tended to decrease, and was 1.0 per 10,000 adults in 2020 and 1.2 per 10,000 adults in 2021 (the number of adults newly recognized as having a vision disability was 3578). With the beginning the full-scale war, the parameter increased to 3.0 per 10,000 adults in 2023 and 2024. In Ukraine, the total number of adults newly recognized as having a vision disability due to eye injury was 524 (with an annual prevalence of 0.2 per 10,000 adults) in 2019. During 2019-2021, this parameter tended to decrease, and was 1.0 per 10,000 adults in 2020 and 1.2 per 10,000 adults in 2021. However, the total number of adults newly recognized as having a disability due to eye injury increased to 928 (0.3 per 10,000 adults) in 2023 and 831 (0.3 per 10,000 adults) in 2024.

Conclusion. The proportion of persons recognized as having a disability due to eye injury was 12% during pre-war years (2019-2021), and decreased to 10.6% in 2022, 9.4% in 2023 and 10.1% in 2024. It is, however, important that the number of persons recognized as having a disability due to eye injury increased 2.2-fold from 380 in 2021 to 831 in 2024.

Keywords: disability, eye disease, eye injury, military conflict

ними і становили у середньому 1,7 та 1,5 на 10 тис. дорослого та працездатного населення відповідно [4].

Офтальмологічна травма є однією з основних причин звернення до невідкладної медичної допомоги в США і другою після катаракти причиною втрати зору [5]. Кожен рік в США реєструється біля 2 мільйонів травм ока [3, 5] і біля 150 тисяч призводить до постійної втрати зору. Найбільш частими видами травм є поранення із наявністю сторонніх тіл (35%), відкрита травма ока і контузії (по 25%) і опіки (15%) [6, 7]. За даними світової літератури, у західних країнах впродовж життя з травмами очей стикається від 14,4% до 21,1% осіб. Молодий вік пацієнтів, чоловіча стать, низький соціально-економічний статус, низький рівень освіти і робота із високим навантаженням вважаються факторами високого ризику травматизму очей [3, 8]. Популяційні дослідження в Азії демонструють розповсюдженість травм очей від 2,1–3,6% в регіонах Китаю до 4,4% в Сінгапурі [9]. Результати міжнародного багаточетового дослідження IGATES, що базувалися на даних стаціонарного лікування пацієнтів із травмою органа зору у 13 лікарнях 7 країн впродовж 2009–2020 рр., показали, що втрату зору важкого ступеня (менш ніж 6/60 або 0,1) при надходженні в стаціонар мали 64% пацієнтів, а після лікування і всіх реабілітаційних заходів – 44,8%. Частіше хворіли чоловіки молодого віку: співвідношення до жінок становило 6:1, середній вік – 36 років [10]. В Україні проблеми офтальмо-

гічної служби активно обговорюються на фоні того, що слабозорість і сліпота є основними причинами значного обмеження життєдіяльності людини, у зв'язку з чим науково обгрунтовано необхідність прийняття національної стратегії боротьби зі сліпотою в Україні на період до 2030 року, зокрема і для запобігання інвалідності [11]. У XX столітті на фоні низки військових конфліктів, за даними наукових спостережень, було помічено збільшення кількості травматичного ураження очей. Відомо, що травматичні ушкодження очей у воєнних конфліктах становлять 13–16% усіх бойових травм, стаючи четвертою найбільшою їх причиною. В сучасних війнах та збройних конфліктах, включаючи Першу та Другу світові війни, визначається шестикратне збільшення пошкоджень очей [12]. У зв'язку з розвитком техніки та озброєння, певних особливостей ведення війни визначено, що осколкові поранення очей сьогодні становлять від 50% до 80% випадків. Проникаючі та перфоруючі поранення стають найпоширенішими, а травми, пов'язані з внутрішньоочними сторонніми тілами, створюють особливі проблеми не тільки для діагностики та лікування, а також є причинами повної втрати зору та інвалідності. Військові травми все частіше є двосторонніми і становлять на сьогодні 15–25% випадків. Травми, пов'язані з хімічною, ядерною та лазерною зброєю, мають різні особливі характеристики та незначну розповсюдженість. Кількість станів, що пов'язані з енуклеацією, які були широко розповсюджені на початку століття, знизилась у зв'язку зі зменшенням виконання цієї процедури завдяки удосконаленню хірургічних методів та контролю сепсису за допомогою антибіотиків [13].

Російське вторгнення в Україну, розпочате в лютому 2022 року, спричинило численні травми очей військовослужбовців, а також цивільного населення, що створює серйозну епідеміологічну загрозу, пов'язану з втратою зору та інвалідизацією уражених. Хоча конфлікт триває вже понад три роки, вичерпна інформація щодо масштабів травм очей, отриманих під час війни в Україні, залишається обмеженою [14]. Деякі історичні дані свідчать про тенденцію до зростання поширеності травм очей, хоча ці результати з огляду на джерела потребують обережної інтерпретації. Певні наукові дані свідчать, що частота травм очей в українських конфліктах коливалася від 0,65% під час Кримської війни в 1850-х рр. до 7,0–14,0% під час Антитерористичної операції на сході України в 2014 р. [14, 15].

Мета роботи. Дослідити динаміку показників інвалідності серед дорослого та працездатного населення внаслідок офтальмологічних захворювань і травм органа зору в Україні та їх особливості в умовах воєнного стану.

Матеріали та методи досліджень

Робота є фрагментом науково-дослідної роботи (НДР) кафедри медико-соціальної експертизи і реабілітації Дніпровського державного медичного універ-

ситету «Удосконалення науково-методичних підходів до визначення критеріїв визначення ознак стійкої непрацездатності, оптимізації програм реабілітації хворих та осіб з інвалідністю» (державний реєстраційний № 0124U005028; терміни виконання: 2025–2028 рр.). Дослідження проводили на базі Державної установи «Український державний науково-дослідний інститут медико-соціальних проблем інвалідності Міністерства охорони здоров'я України».

Дослідження за своїм видом було одноцентровим, когортним і складалося з двох етапів. На першому етапі ретроспективно вивчали показники первинної інвалідності в Україні згідно зі звітними обласних центрів медико-соціальної експертизи (МСЕ) впродовж 2019–2024 років [16–20], на другому етапі поглиблено аналізувалися медико-соціальні експертні справи (форма 088/о) 831 пацієнта в 2024 р. (розподіл пацієнтів за групами інвалідності: I група – 20,7%; II група – 22,5%; III група – 56,8%). Критерії включення: встановлення пацієнту із захворюваннями або травмою очей групи інвалідності за досліджуваний період. Критерії виключення: не встановлення пацієнту групи інвалідності при зверненні до офтальмологічних комісій МСЕ за досліджуваний період. Критеріями інвалідності вважалися стійкі функціональні порушення зору і пов'язані з ними обмеження критеріїв життєдіяльності внаслідок захворювань або травм, які призводять до соціальної недостатності та потребують допомоги держави, згідно з державними нормативними документами, що діяли на момент проведення дослідження [21]. Функціональні порушення зору описувалися медичними критеріями, основними з яких є порушення гостроти і поля зору.

В дослідженні вивчалася динаміка статистичних показників первинної інвалідності внаслідок захворювань і травм органа зору серед дорослого та працездатного населення – абсолютної кількості, інтенсивного показника розповсюдженості первинної інвалідності (на 10 тис. населення), питомої ваги (у процентах). Розрахунок показника первинної інвалідності здійснювався за формулою: кількість первинно встановлених випадків інвалідності/кількість жителів України і множення на константу (10 000). У зв'язку з оголошенням 24 лютого 2022 р. в Україні воєнного стану, Державною службою статистики було призупинено публікацію даних щодо демографічної ситуації в Україні, тому ми при розрахунку показника первинної інвалідності користувалися останніми доступними статистичними даними у розрізі областей України станом на 01.01.2022 р.

Дослідження проведено з дотриманням основних норм біоетики та вимог Гельсінської декларації про права людини та біомедицину (1977) і відповідних законів України.

Представлення статистичних даних проводилося з використанням ліцензійних програм Microsoft Office Professional 2019.

Результати

Інвалідність внаслідок травм органа зору доцільно розглядати з позицій вивчення взаємопов'язаних показників розповсюдженості та поширеності інвалідності внаслідок травм та інвалідності внаслідок офтальмологічної патології в цілому.

Результати проведеного дослідження показали, що в 2019 р. в Україні вперше було визнано інвалідами внаслідок офтальмологічної патології 4043 особи, що відповідало інтенсивному показнику 1,3 на 10 тис. дорослого населення. Впродовж 2019–2021 рр. цей показник мав тенденцію до зниження і становив 1,0 на 10 тис. у 2020 р. (3234 особи, зменшення кількості на 20,1% порівняно з 2019 р.) та 1,2 на 10 тис. у 2021 р. (3578 осіб, зменшення кількості на 10,1% порівняно з 2019 р.).

Впродовж наступних років після початку російської воєнної агресії проти України спостерігалася значне зростання кількості осіб з інвалідністю внаслідок офтальмологічної патології до 5429 в 2022 р., що становило 1,8 на 10 тис. дорослого населення. Це відповідало достовірному підвищенню показника на

51,7% порівняно з 2021 р. У 2023 р. та 2024 р. показник первинної інвалідності становив 3,0 на 10 тис. дорослого населення з ростом 70,0% порівняно з 2022 р. та у 3 рази більше у порівнянні з 2020 р. (рис. 1, 2).

При порівнянні середнього показника первинної інвалідності внаслідок офтальмологічної патології серед дорослого населення в Україні у 2024 р. з показниками в регіонах країни визначено, що інтенсивний показник був вище середнього рівня в Івано-Франківській (5,5 на 10 тис.), Вінницькій (4,8 на 10 тис.), Одеській (4,8 на 10 тис.), Чернігівській (4,2 на 10 тис.), Полтавській (4,1 на 10 тис.) областях; показники нижче середнього рівня визначено в Луганській (0,2 на 10 тис.), Херсонській (0,5 на 10 тис.), Донецькій (0,7 на 10 тис.), Хмельницькій (1,7 на 10 тис.), Харківській (2,5 на 10 тис.) областях та м. Києві (2,4 на 10 тис.).

Важливим показником інвалідності щодо офтальмологічної патології є показник інвалідності внаслідок травм ока. Так, серед дорослого населення в 2019 р. особами з інвалідністю внаслідок травм ока було визнано 562 особи, що відповідало інтенсивному показ-

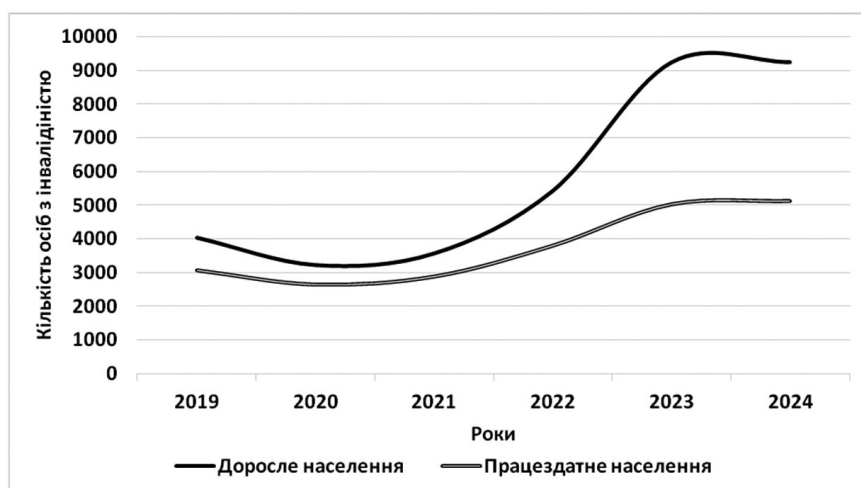


Рис. 1. Загальна абсолютна кількість осіб вперше визнаних особами з інвалідністю внаслідок офтальмологічної патології в Україні за період 2019 – 2024 рр. серед дорослого і працездатного населення



Рис. 2. Інтенсивні показники інвалідності внаслідок офтальмологічної патології в Україні за період 2019 – 2024 рр. серед дорослого і працездатного населення

нику інвалідності 0,2 на 10 тис.; в 2020 р. – 435 осіб (0,1 на 10 тис.); в 2021 р. – 380 (0,1 на 10 тис.); в 2022 р. – 510 (0,2 на 10 тис.); в 2023 р. – 928 (0,3 на 10 тис.); в 2024 р. – 831 (0,3 на 10 тис.) (рис. 3, 4). Отже, інтенсивний показник інвалідності внаслідок травм ока серед дорослого населення у воєнний період збільшився практично в 3,0 рази.

Серед працездатного населення в 2019 р. особами з інвалідністю внаслідок травм ока було визнано 491 особу, що відповідало інтенсивному показнику інвалідності 0,2 на 10 тис. населення; в 2020 р. – 444 особи (0,2 на 10 тис.); в 2021 р. – 344 (0,2 на 10 тис.); в 2022 р. – 464 (0,2 на 10 тис.); в 2023 р. – 831 (0,4 на 10 тис.); в 2024 р. – 781 (0,4 на 10 тис.) (рис. 3, 4). Отже, інтенсивний показник інвалідності внаслідок травм ока серед працездатного населення у воєнний період збільшився практично в 2,0 рази.

Таким чином, результати дослідження переконливо свідчать про достовірне підвищення рівня первинної інвалідності внаслідок травм ока впродовж періоду воєнного стану в Україні як серед дорослого, так і серед працездатного населення.

При розгляді регіональних особливостей інтенсивного показника первинної інвалідності внаслідок травм ока у 2024 р. виявлено наступні особливості. Показники вище середнього рівня серед дорослого населення визначено у Житомирській (0,9 на 10 тис.), Дніпропетровській (0,7 на 10 тис.), Миколаївській (0,6 на 10 тис.), Кіровоградській (0,6 на 10 тис.) і Одеській (0,5 на 10 тис.) областях; показники нижче середнього рівня визначено в Запорізькій (0,01 на 10 тис.), Донецькій (0,03 на 10 тис.), Херсонській (0,05 на 10 тис.) та Івано-Франківській (0,05 на 10 тис.) областях.

Результатами дослідження визначено, що тяжкість патології, що призводила до встановлення інвалідності, у воєнний час також зросла. Так, частка осіб з інвалідністю III групи в довоєнний час (2019–2022 рр.) становила від 63,4% до 71,5%, тоді як в 2023 і 2024 рр. не перевищувала 56,8%. Питома частина осіб II групи в довоєнний час становила від 14,9% до 17,6%, а в 2023 і 2024 рр. підвищилася до 21,5–22,5%. Питома вага осіб з інвалідністю I групи також підвищилася з 11,9% у 2020 р. до 24,2% у 2023 р. Отже, питома вага

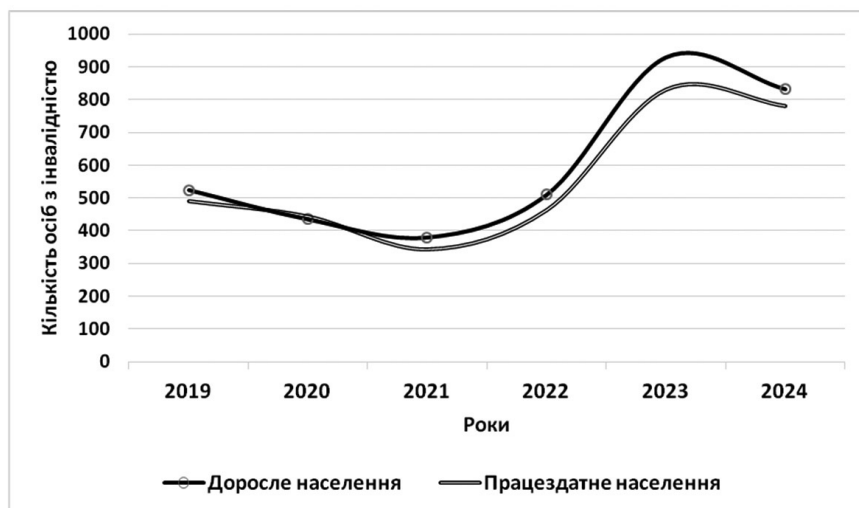


Рис. 3. Загальна кількість осіб вперше визнаних особами з інвалідністю внаслідок травм ока в Україні за період 2019 – 2024 років серед дорослого і працездатного населення

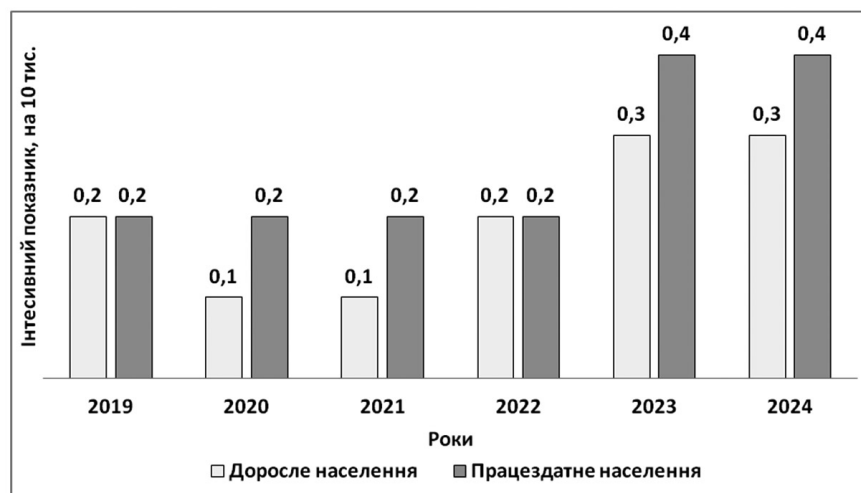


Рис. 4. Інтенсивні показники первинної інвалідності внаслідок травм ока в Україні за період 2019–2024 роки серед дорослого і працездатного населення.

осіб з інвалідністю I та II груп в умовах воєнного стану збільшилася до 41,7% порівняно з 29,5%.

Важливо підкреслити також, що в дослідженні визначено, що показник первинної інвалідності внаслідок сліпоти в 2023 р. сягав рівня 1,4 на 10 тис. дорослого населення (9238 осіб); в 2024 р. – 1,0 (9230 осіб). Це відповідало довоєнним показникам розповсюдженості інвалідності серед дорослого населення з різними (всіма) ступенями зниження зору, що пояснювало зростання показника тяжкості станів, які призводили до інвалідності в період воєнних дій.

Що стосується показника первинної інвалідності внаслідок сліпоти серед працездатного населення, то в 2023 р. цей показник в абсолютних цифрах становив 1692 особи, що відповідало 0,8 на 10 тис. населення; а 2024 р. – 1338 осіб, що відповідало 0,6 на 10 тис. та перевищувало аналогічні показники довоєнного періоду в 2,5 раза.

Обговорення

В попередніх довоєнних вітчизняних дослідженнях продемонстровано, що показники первинної інвалідності внаслідок офтальмологічної патології в Україні носили стабільний характер і становили в середньому серед дорослого населення 1,2–1,3 на 10 тис.; серед працездатного населення – 1,2–1,4 на 10 тис. [1, 8, 16–20].

В проведеному дослідженні визначено негативну тенденцію до погіршення показників первинної інвалідності внаслідок офтальмологічної патології, в тому числі і внаслідок травм ока, що обумовлено військовими діями на території України. За період 2022–2024 рр. показник первинно визнаних особами з інвалідністю внаслідок офтальмологічної патології серед дорослого населення склав 1,8–3,0 на 10 тис. населення, що перевищило аналогічний показник за період 2019–2022 рр. майже у три рази.

Проаналізовано динаміку показника питомої ваги осіб з інвалідністю внаслідок травм ока серед осіб з інвалідністю від усіх причин порушень зору. Цей показник у довоєнний період 2019–2021 рр. в середньому становив 12%, у воєнний період відмічене зменшення частки травм до 10,6% у 2022 р.; 9,4% у 2023 р. та 10,1% у 2024 р. Але потрібно підкреслити, що в абсолютних цифрах визначалася чітка тенденція до підвищення кількості визнаних особами з інвалідністю внаслідок травм ока: 831 особа у 2024 р. порівняно з 380 особами в 2021 р. Отже, в абсолютних цифрах кількість осіб з інвалідністю внаслідок травм ока у воєнний період підвищилась у 2,2 раза, порівняно з довоєнними показниками.

Визначено, що кількість тяжких офтальмологічних захворювань і травм, що призводили до інвалідності, у воєнний час зросла. Так, питома вага людей, які не могли самообслуговуватись і потребували сторонньої допомоги (I та II групи інвалідності), в умовах воєнного стану становила практично половину від всіх вперше

визнаних особами з інвалідністю, тоді як в довоєнний період цей показник не перевищував 30%.

Отримані в дослідженні результати відображаються та підтверджуються іншими вітчизняними дослідженнями щодо розповсюдженості і тяжкості офтальмологічних захворювань і травм ока в умовах військового стану [14, 15].

Важливо зазначити, що з 1 січня 2025 р. в Україні відбулася реформа системи медико-соціальної експертизи, внаслідок чого функції медико-соціальних експертних комісій, які встановлювали статус інвалідності і надавали статистичні звіти, передано до експертних комісій з питань оцінювання повсякденного функціонування на базі закладів охорони здоров'я кластерного та надкластерного рівнів. Враховуючи актуальність офтальмологічної патології, у тому числі травм ока в умовах воєнного стану, вважаємо доцільним подальше продовження наукових досліджень щодо показників інвалідності з позиції нових законодавчих положень біопсихосоціальної моделі інвалідності. Подальші дослідження повинні бути зосереджені на визначенні найбільш дієвих реабілітаційних заходів та методик щодо запобігання інвалідності внаслідок офтальмологічної патології, зокрема травм ока.

Заключення

1. Результати проведеного дослідження переконливо довели значний негативний вплив військових дій на території України внаслідок російської агресії на інтенсивні показники первинної інвалідності внаслідок офтальмологічної патології, в тому числі і внаслідок травм ока. Так, за період 2022–2024 рр. показник первинно визнаних осіб з інвалідністю внаслідок захворювань ока серед дорослого населення склав 1,8–3,0 на 10 тис. населення, перевищивши цей показник майже у три рази у порівнянні з періодом 2019–2022 рр. Також втричі за період воєнного стану збільшився показник вперше визнаних особами з інвалідністю внаслідок травм ока.

2. Дослідженням визначено, що в умовах воєнного стану збільшилася питома вага тяжкої офтальмологічної патології, включаючи травми ока і сліпоту. Так, питома вага осіб з інвалідністю серед дорослого населення I та II груп інвалідності за період воєнного стану збільшилася в 1,5 рази порівняно з мирними довоєнними роками, що можна пояснити так званою «прихованою інвалідністю», обумовленою саме воєнним станом. Важливо, що розповсюдженість інвалідності внаслідок травм ока була вищою серед працездатного населення та становила у воєнний період 0,4 проти 0,3 на 10 тис. серед дорослого населення. Показник первинної інвалідності внаслідок сліпоти серед працездатного населення у воєнний період становив 0,6–0,8 на 10 тис., що перевищувало аналогічний показник довоєнного періоду в 2,5 раза.

3. Результати визначення регіональних особливостей інтенсивних показників первинної інвалідності

довели, що найнижчі рівні інтенсивних показників первинної інвалідності внаслідок як травм ока, так і офтальмологічних захворювань визначено в регіонах, де велися активні бойові дії. Даний факт може бути обумовлено певними організаційними особливостями роботи експертних комісій в умовах подовженого часу комендантської години та частими тривогами, а також у зв'язку зі зменшенням населення на фоні вимушеної міграції в безпечні регіони.

Авторський внесок

Варивончик Д.В. – розробка концепції, проектування, аналіз даних, формулювання висновків, редагування рукопису; Борисова І. С. – розробка концепції, проектування, збір даних та проведення дослідження, інтерпретація даних, написання рукопису; Ясько Л. Г. – розробка концепції, проектування, проведення дослідження, інтерпретація даних; Аліфанов І. С. – проведення дослідження, інтерпретація даних, підготовка рукопису; Копач К. Д. – збір первинних даних та їх аналіз. Усі автори проаналізували результати та погодили кінцевий варіант рукопису.

Відмова від відповідальності

Автори заявляють, що висловлені у поданій статті думки є їх власними, а не офіційною позицією установи.

Конфлікти інтересів

Автори не мають жодного дійсного чи потенційного конфлікту інтересів (фінансових, персональних, професійних та інших інтересів), які могли б вплинути на думку щодо предмета чи матеріалів, викладених та обговорюваних в дослідженні.

Заява про дотримання етичних норм

Це дослідження проводилося з участю людей. Всі учасники дослідження підписали поінформовану згоду. Було отримано дозвіл місцевого Комітету з біоетики. Дослідження було проведено згідно з Гельсінською декларацією. Дослідження не включало експерименти на тваринах.

Джерела підтримки:

Відсутні.

Заява про доступність даних

Дані, отримані та проаналізовані під час цього дослідження, можна отримати у відповідального автора за обґрунтованим запитом.

Література

- Adelson J, et al. Causes of blindness and vision impairment in 2020 and trends over 30 years, and prevalence of avoidable blindness in relation to VISION 2020: the Right to Sight: an analysis for the Global Burden of Disease Study. *The Lancet. Global health*. 2021;9(2):e144–e60. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(20\)30489-7](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(20)30489-7)
- Marques AP, Ramke J, Cairns J, Butt T, Zhang JH, Muirhead D, et al. Global economic productivity losses from vision impairment and blindness. *EClinicalMedicine*. 2021 Apr 26;35:100852. doi: 10.1016/j.eclim.2021.100852.
- International Agency for Prevention of Blindness Vision Atlas [Internet]. Ukraine [cited 2025 Aug 9]. Available from: <https://visionatlas.iapb.org/country-data/ukraine/>
- Borysova I. [Disability due to ophthalmic pathology in Ukraine and Dnipro region (2018–2022). Modern approaches to determining the status of “person with disability”]. *Med. perspekt*. 2025Mar;28;30(1):108–16. doi: <https://doi.org/10.26641/2307-0404.2025.1>. Ukrainian
- US Eye Injury Registry [Internet]. *Epidemiology*. [cited 2025 Aug 9]. Available from: <https://www.useironline.org/>.
- Swain T, McGwin G Jr. The Prevalence of Eye Injury in the United States, Estimates from a Meta-Analysis. *Ophthalmic Epidemiol*. 2020 Jun;27(3):186–193. doi: 10.1080/09286586.2019.1704794.
- Ifitikhar M, Latif A, Farid UZ, Usmani B, Canner JK, Shah SMA. Changes in the incidence of eye trauma hospitalizations in the United States from 2001 through 2014. *JAMA Ophthalmol*. 2019 Jan 1;137(1):48–56. <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2018.4685>.
- Eckert KA, Lansingh VC, Carter MJ, Frick KD. Update of a Simple Model to Calculate the Annual Global Productivity Loss Due to Blindness and Moderate and Severe Vision Impairment. *Ophthalmic Epidemiology*. 2022;30(2): 142–50. <https://doi.org/10.1080/09286586.2022.2072899>
- Wong MY, Man RE, Gupta P, Sabanayagam C, Wong TY, Cheng CY, Lamoureux EL. Prevalence, subtypes, severity and determinants of ocular trauma: The Singapore Chinese Eye Study. *Br J Ophthalmol*. 2018 Feb;102(2):204–209. doi: 10.1136/bjophthalmol-2017-310564.
- Hoskin AK, Low R, Sen P, Mishra C, Kamalden TA, Woreta F, et al. IGATES Study Group - An Asia Pacific Ophthalmic Trauma Society publication. Epidemiology and outcomes of open globe injuries: the international globe and adnexal trauma epidemiology study (IGATES). *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2021 Nov;259(11):3485–3499. doi: 10.1007/s00417-021-05266-1.
- Varyvonchik DV, Rykov SO, Hudz AS, Denysiuk LI. [Scientific substantiation of the national strategy to combat blindness in Ukraine for the period until 2030]. *Archive of Ukrainian Ophthalmology*. 2015;3(2):6–13. Ukrainian.
- Krasnovid TA, Aslanova VS, Bondar NI. [Main aspects of traumatic eye injuries during wars and military conflicts]. *Archive of Ukrainian Ophthalmology*. 2020 Feb 06;8(1):78–85. doi: <https://doi.org/10.22141/2309-8147.8.1.2020.200741>. Ukrainian.
- Wong TY, SeetMB, Ang C-L. Eye injuries in twentieth century warfare: a historical perspective. *Surv Ophthalmol*. 1997. 41:433–59. doi: 10.1016/S0039-6257(97)00022-2
- Jonak K, Matysiak M, Choragiewicz T, Nowakowska D, Zimenkovsky A, Shybinskyi V, et al. War-related eye trauma: a study of civilian and military cases from Ukraine's ongoing conflict. *Front Public Health*. 2025 Feb 10;13:1489445. doi: 10.3389/fpubh.2025.1489445. PMID: 39995622; PMCID: PMC11848850.
- Pavlenko D, Shultz JM, Kaler CJ, Johnson TE. Ocular Health and Eye Care Services During the Full-Scale War in Ukraine. *Am J Ophthalmol*. 2022 Oct;242:A1–A3. doi: 10.1016/j.ajo.2022.06.004. Epub 2022 Jun 20. PMID: 35738396
- Ipatov AV, Moroz OM, Khaniukova Ila, et al. [Key indicators of disability and the activities of medical and social expert commissions of Ukraine for 2019: analytical and informational guide]. Dnipro: Accent PP; 2020. Ukrainian

17. Ipatov AV, Moroz OM, Khaniukova Ila, et. al. [Key indicators of disability and the activities of medical and social expert commissions of Ukraine for 2020: analytical and information guide]. Dnipro: Accent PP; 2021. Ukrainian
18. Ipatov AV, Moroz OM, Khaniukova Ila, et. al. [Key indicators of disability and the activities of medical and social expert commissions of Ukraine for 2021: analytical and information guide]. Dnipro: Accent PP; 2022. Ukrainian
19. Kyrychenko AH, Khaniukova Ila, Hondulenko NO, et. al. [Main indicators of disability and the activities of medical and social expert commissions of Ukraine for 2022: analytical and information guide]. Dnipro: Accent PP; 2023. Ukrainian
20. Varyvonchuk DV, Khaniukova Ila, Hondulenko NO, et. al. [Main indicators of disability and the activities of medical and social expert commissions of Ukraine for 2024: analytical and information guide]. Dnipro: Accent PP; 2025. Ukrainian
21. [Issues of medical and social expertise. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 3.12.2009 No. 1317]. [Internet]. [cited 2025 Aug 9]. Available from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1317-2009-%D0%BF/sp:dark#Text>. Ukrainian.

Авторський показник статей, опублікованих в "Офтальмологічному журналі" у 2025 році

Питання клінічної офтальмології

- Алексєєва О. В., Сакович В. М.** Ефективність нового комплексного методу лікування хворих на бактеріальний кератит. №1 (22-29)
- Аліфанов І.С., Клопоцька Н. Г.** Об'єктивна оцінка динаміки запального процесу в лікуванні бактеріального кератиту із використанням оптичної денситометрії №3 (11-14)
- Безкорвайна І.М., Гонтар А.Р., Наконечний Д.О., Іванченко А.Ю.** Можливості штучного інтелекту у діагностиці кератоконусу з використанням структурованого алгоритму №6 (13-17)
- Боброва Н. Ф., Романова Т. В., Дембовецька Г. М., Сорочинська Т. А., Вдовіченко К. С., Довгань О. Д.** Клінічна маніфестація вродженої аніридії у дітей та підлітків України №5 (36-43)
- Боброва Н. Ф., Сорочинська Т. А., Троніна С. А., Романова Т. В., Дембовецька Г. М., Суходосєва О. О., Шилик А. В., Довгань О. Д., Вдовіченко К. С., Романчук О. М.** Особливості перебігу запальних захворювань рогівки та судинної оболонки ока у дітей, інфікованих вірусом SARS-CoV-2. №1 (17-21)
- Будівська О.С., Кацан С.В., Заїчко К.С.** Вплив постнатального збільшення маси тіла передчасно народженої дитини в перший місяць життя та типу вигодовування на розвиток стадій ретинопатії недоношених №6 (29-35)
- Величко Л.М., Богданова О.В., Храменко Н.І., Коновалова Н.В., Дрожжина Г.І., Серєда К.В.** Рівень експресії рецепторів до адреналіну, ацетилхоліну та опіїдних рецепторів на лімфоцитах периферичної крові у хворих на герпетичний кератит та ідіопатичний передній та середній увеїт №4 (3-8)
- Гудзь А.С., Сергієнко В.О., Кудриль І.В., Могілевський С.Ю., Гуліда А.О., Зяблицев С.В.** Зв'язок поліморфізму rs1800470 гена TGFB1 з діабетичною ретинопатією при цукровому діабеті 2-го типу. №2 (3-8)
- Гузун О. В., Дунаєва Л. М., Насінник І. О.** Ризик погіршення зорових функцій у хворих на вторинну неоваскулярну глаукому з синехіальним закриттям іридокорнеального кута після діодної трансклеральної циклофотокоагуляції №5 (19-27)
- Гузун О.В., Задорожний О.С., Насінник І.О., Король А.Р.** Ефективність модифікованої діодної трансклеральної циклофотокоагуляції у хворих з вторинною болючою неоваскулярною глаукомою внаслідок оклюзії вен сітківки. №3 (3-10)
- Гузун О. В., Задорожний О. С., Насінник І. О., Шаргі В., Король А. Р.** Тривалість гіпотензивного ефекту модифікованої трансклеральної циклофотокоагуляції у хворих на діабетичну неоваскулярну глаукому. №2 (9-16)
- Гуцалюк К. М., Россоха З. І., Скальська Н. Ю., Ульянова Н. А.** Динаміка та особливості морфологічних та морфометричних змін сітківки у пост-COVID-19 періоді у пацієнтів з різними варіантами гену ангіотензинперетворюючого ферменту. №1 (9-16)
- Друмь Д. А., Полякова С. І.** Короткострокова ефективність органозберігаючого лікування меланом хоріоїдеї стадій T1-4 середніх і великих розмірів в Україні за локальним контролем пухлини на очному дні. №5 (53-57)
- Друмь Д. А., Полякова С. І., Малецький А.П., Чеботарьов Є.П., Артемов О.В.** Клінічна характеристика меланом хоріоїдеї стадій T1-T4 середніх і великих розмірів в Україні №4 (35-40)
- Друмь Д. А., Полякова С. І., Величко Л. М., Цуканова І. В., Макарова М. Б., Богданова О. В.** Стан клітинного та гуморального імунітету хворих на меланому хоріоїдеї після проведення лікування з застосуванням світлової енергії з брахітерапією S90/I90 (фотокоагуляція+брахітерапія, транспупілярна термо-терапія + брахітерапія). №1 (34-40)
- Друмь Д.А., Цуканова І.В., Полякова С.І., Величко Л.М., Макарова М.Б., Богданова О.В.** Рівень експресії молекулярних маркерів активації лімфоцитів периферичної крові у хворих на меланому хоріоїдеї різних стадій до і після органозберігаючого лікування. №3 (31-34)
- Єгорова К.С., Гук М.О., Глоба М.В., Мусулевська В.В., Українець О. В.** Ранні післяопераційні зорові порушення при хірургічному лікуванні пухлин хіазмально-селярної ділянки та шляхи їх корекції №4 (41-48)
- Левицька Г. В., Храменко Н. І.** Особливості біоелектричної активності сітківки парного ока у хворих на регматогенне відшарування сітківки, асоційоване з відшаруванням судинної оболонки №5 (44-52)
- Могілевський С. Ю., Калініченко А. А., Гуліда А. О., Жовтоштан М. Ю.** Особливості репарації рогівки та післяопераційні ускладнення після різних видів поверхневої ексимерлазерної корекції міопії №5 (3-13)
- Могілевський С.Ю., Сердюк А.В., Сердюк В.Н., Зяблицев С.В.** Модель прогнозу ефективності лікування діабетичної ретинопатії при цукровому діабеті 2-го типу на підставі визначення маркерів ендотеліальної дисфункції №6 (3-12)
- Панченко М. В., Гончарь О. М., Панченко Г. Ю., Кітченко І. В.** Динаміка змін макулярного об'єму при різних стадіях та перебігу первинної відкритокутової глаукоми. №2 (17-21)
- Розанова З.А., Довгань І.П., Левицька Г.В., Уманець М.М.** Пролонгована газова тампонада як метод лікування персистуючих ідіопатичних розривів макули №6 (24-28)

- Сафроненкова І. О., Буйко О. С., Єлагіна В. А.** Ультразвукові особливості злоякісних епібульбарних новоутворень різного гістогенезу (меланома і карцинома). №3 (25-30)
- Сафроненкова І. О., Буйко О. С.** Безпосередні і віддалені результати радіокріохірургічного лікування хворих на меланому кон'юнктиви №4 (30-34)
- Сафроненкова І.О.** Епідеміологічний профіль хворих на злоякісні новоутворення кон'юнктиви за даними звернення до ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. В.П. Філатова НАМН України». №2 (42-48)
- Середка К. В., Дрожжина Г. І., Храменко Н. І.** Особливості перебігу первинного та рецидивуючого герпетичного кератиту після вакцинації від COVID-19. №1 (3-8)
- Усов В.Я., Тарік Абоу Тарбоуш, Коломійчук С.Г.** Визначення кореляційної залежності між ступенем помутніння кришталика, загальною антиоксидантною активністю та продуктами пероксидації у слізній рідині хворих при катаракті та супутньому бактеріальному кератиті. №3 (15-19)
- Dattatreya Banerjee, Indrajit Sarkar, Jayanta Biswas.** Clinicomicrobiological Profile and Antibiotic Susceptibility Trends in Chronic Lacrimal Sac Infections in a Rural Indian Population №6 (36-41)
- Indrajit Sarkar, Dattatreya Banerjee, Rashmirekha Behera.** Prolonged Hospital Stay in Corneal Ulcer: Association with Sociodemographic and Clinical Factors №4 (9-14)
- Nur Shani Meida, Muhammad Kemal Pasha Al-ghani, Imam Masduki.** Changes in Daily Living and Vision-Related Quality of Life After Phacoemulsification in Senile Cataract №6 (18-23)
- Radomir Babovic, Tihomir Dugandzija, Vladimir Canadanovic, Dragana Kacavenda-Babovic.** Arterial Hypertension and Diabetes Mellitus in the Pathogenesis of Primary Open-Angle Glaucoma: A Balkan Perspective. №2 (22-27)
- Ramya M., Mahesh J.B., Varun Raju.** Pterygium Excision with Conjunctival Autograft without Suture and Glue in Rural India. №1 (30-33)
- Sahilah Ermawati, Winastari Yarhanim Triniputri, Tian Wahyu Kinasih, Syahnaz Adila, Shafira Nur Hanifah, Aswa Arsa Kumala, Sri Wahyu Basuki.** Clinical Outcome of Patients with Glaucoma undergoing Peripheral Iridectomy and Phacoemulsification: Long-Term Follow-Up Case Series Study №4 (15-23)
- Viswanathan M., Zborovska O., Jones O. Y., Kolesnichenko V., Dorokhova O.** A case series study on exploring the role of HLA-B27 among patients with retinitis pigmentosa and uveitis and short-term treatment response. №2 (28-33)
- Yusupov A. F., Karimova M. Kh., Djamalova Sh. A., Ibodullayeva D. CH., Aktamov A. SH.** The clinical evaluation of the effectiveness of various minimally invasive methods in the treatment of central serous chorioretinopathy. №2 (34-41)
- Yusupov A.F., Karimova M.Kh., Djamalova Sh.A., Abdullaeva S.I., Samatov M.U., Tsoy E.S.** Comparative analysis of treatment of patients with toxoplasma retinochoroiditis. №3 (20-24)
- Yusupov A.F., Karimova M.Kh., Djamalova Sh.A., Makhmudova Z.A.** Comparative Evaluation of Combined Therapy for Post-Thrombotic Retinopathy: Impact on Hypoxia Index and Retinal Parameters №4 (24-29)
- Zaynutdinov N.N., Yusupov A.F., Karimova M.Kh., Kamilov Kh.M., Kasimova M.S.** Shallow anterior chamber depth: is this a contraindication, or are there options for phakic lens implantation? №5 (28-35)
- Zhmud T., Drozhzhyna G.** Correlation of impaired tear mucin production with relative expression of neutrophil activation marker CD 15+ in patients with type 2 diabetes mellitus №5 (14-18)

Експериментальні дослідження

- Дорохова О. Е., Самойленко Л. І., Мальцев Е. В., Зборовська О. В.** Морфометричний аналіз структурних елементів сітчастої оболонки очей щурів лінії Вістар при експериментальному цукровому діабеті. №1 (41-46)
- Дорохова О. Е., Самойленко Л. І., Мальцев Е. В., Зборовська О. В.** Морфометричний аналіз стану структурних елементів сітківки очей мишей лінії CBA/C57 при експериментальному цукровому діабеті №4 (49-54)
- Михейцева І.М., Храменко Н.І., Коломійчук С.Г., Сіроштаненко Т.І., Маяр Алобісі.** Вплив інгібітора ангіотензин-перетворюючого ферменту зофеноприлу на гідро- та гемодинаміку ока у кроликів з експериментальною глаукомою №6 (42-47)
- Усенко К. О.** Вплив блокади рецепторних протеїнкіназ на морфогенез експериментальної діабетичної ретинопатії. №1 (47-53)
- Усов В. Я., Тарік Абоу Тарбоуш, Коломійчук С. Г.** Кореляція між показниками стану прооксидантно-антиоксидантної системи в кришталиках, камерній волозі та слізній рідині і ступенем помутніння кришталика при катаракті та супутньому бактеріальному кератиті (експериментальне дослідження). №2 (49-57)

Огляд літератури

- Васюта В. А., Олексенко Н. П., Медведовська Н.В.** Перспективи використання аутологічного біоматеріалу в офтальмології №6 (54-59)
- Кисліцька М. С., Васюта В. А., Солонович О. С., Чеботарьова Л. Л., Мицак О. І., Северенчук Є. І.** Зорові викликані потенціали в діагностиці оптичних нейропатій: огляд літератури №5 (65-70)
- Melnyk O.V., Hural A.R., Lavryk H.S., Shykula R.G.** Features of the human eye microbiota in normal and pathological conditions №4 (55-65)

Петренко О. В., Целіщева М. О., Василенко С. С., Калмикова А. В., Бугрик В. В. Сучасний підхід до лікування базальноклітинного раку шкіри периорбітальної ділянки №6 (48-53)

Цибульська Т. Є., Тіткова О. Ю. Сучасні оптичні методи контролю прогресуючої міопії у дітей. №1 (54-59)

Організація охорони здоров'я

Кацан С. В., Морозова М. Ю., Задорожний О. С., Пасечнікова Н. В. Сучасний погляд на питання реабілітації пацієнтів з патологією органа зору. №1 (60-68)

Випадки з практики

Боброва Н. Ф., Дембовецька Г.М., Сорочинська Т.А., Довгань О.Д. Клінічний випадок хірургічного лікування проникаючого поранення рогівки з внутрішньочинним стороннім тілом в пласкій частині війчастого тіла у підлітка №6 (67-71)

Гріжимальська К. Ю., Комаровська І. В. Клінічний випадок лікування алергічного блефариту, спричиненого косметичною процедурою №5 (62-64)

Івановська О. В., Тройченко Л. Ф., Дрожжина Г. І., Осташевський В. Л. Наш досвід хірургічного лікування епібульбарних дермоїдів із використанням глибокої пошарової кератосклеропластики. №2 (58-62)

Канцер К. С., Уманець М. М. Випадок хірургічного лікування пацієнта з набряком макули, асоційованого з синдромом Гіппель-Ліндау №5 (58-61)

Коновалова Н.В., Зборовська О.В., Бушуева Н.М., Горанський Ю.І., Гузун О.В., Журавок Ю.О., Серебріна Т.М. Порушення зорових функцій при синдромі Арнольда — Кіарі (аналіз клінічних випадків) №6 (60-66)

Мойсєєнко Н. М. Динаміка структурних змін зорового нерва при ішемічній оптичній нейропатії: випадок із практики. №3 (43-48)

Dipti Shikha Kashyap, Mohit Kumar. Genu valgum and arachnodactyly: a rare presentation in wildervanck syndrome. №3 (35-39)

Umanets M. M., Bobrova N.F., Dovhan I.P. Surgical approach to pediatric optic disc pit maculopathy: a case report. №3 (40-42)

Історія офтальмології

Боброва Н. Ф., Андросов О. Г. Професор Сергій Володимирович Філатов: у тіні великого батька – просто син або видатний офтальмолог? №3 (49-64)

Боброва Н.Ф., Андросов О.Г., Мальцев Е.В., Вдовіченко К.С. Володимир Петрович Філатов – видатний офтальмолог, академік АН УРСР, АМН СРСР, засновник української офтальмологічної школи. Життєвий шлях. №2 (63-68)

Дрожжина Г. І, Пирожкова О. С. Внесок академіка В. П. Філатова у світову офтальмологію. Подальший розвиток кератопластики його учнями і послідовниками №6 (72-78)

Малецький А. П. 110-річчя Філатовського круглого крокуючого стебла в хірургії №4 (66-68)

Некролог

Пам'яті Світлани Федорівни Васильєвої №5 (71-72)

Авторський показчик статей, опублікованих в "Офтальмологічному журналі" в 2024 році. №1 (69-74)

