

Международный научно-практический журнал

ОФТАЛЬМОЛОГИЯ

Восточная
Европа

2025, том 15, № 3

Ophthalmology Eastern Europe

International Scientific Journal

2025 Volume 15 Number 3

В поле зрения



Совообразные (лат. Strigiformes) – отряд, включающий более 200 видов птиц и два ныне существующих семейства: совиные, или настоящие совы, и сипуховые.

Глаза совообразных очень велики и смотрят всегда прямо вперед. Мир для них представляется черно-белым.

Вопреки бытующему мнению, совиные могут неплохо себя чувствовать и при дневном свете. К примеру, филин прекрасно видит днем даже на большом расстоянии. Еще один любопытный факт: зрачок этих ночных хищников сильно сужается и расширяется не только при изменении освещения, но и при каждом вдохе/выдохе.

ISSN 2226-0803 (print)

ISSN 2414-3642 (online)



9 772226 080005



ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ
ИЗДАНИЯ

КОГДА У ВАС
ЕСТЬ ВСЕГО
ОДИН ШАНС,
ИСПОЛЬЗУЙТЕ
ЕГО

(Цитиколин 500 мг №30)

СТРОЦИТ



**Контролирует повреждение...
возвращает надежду**



Возможности применения в офтальмологической практике:

- Обладает выраженным нейропротекторным действием при оптиконеуропатиях различного генеза
- Повышает визометрические и периметрические функциональные показатели и субъективную оценку качества зрения пациента
- 100% биодоступность при пероральном приеме
- Не требует корректировки дозы у пожилых пациентов
- Отпускается из аптек без рецепта врача

ЛЕКАРСТВЕННЫЙ ПРЕПАРАТ

Имеются противопоказания и нежелательные реакции. Имеются особые условия применения во время беременности. На правах рекламы.

Представительство ООО "SUN Pharmaceutical Industries Ltd" в РБ, 220113, Беларусь, г. Минск, ул. Мележа, д. 1, офис 1118, тел./факс: (017) 364-54-57, тел.: (017) 352-54-53. E-mail: minsk-office@sunpharma.org, www.sunpharma.com



Международный научно-практический журнал

ОФТАЛЬМОЛОГИЯ

Восточная Европа

International scientific journal

Ophthalmology Eastern Europe

OFTALMOLOGIJA VOSTOCHNAJA EVROPA

glaz.recipe.by

2025 том 15 № 3

2025 Volume 15 Number 3

Основан в 2011 г.

Founded in 2011

Беларусь

Журнал зарегистрирован
Министерством информации Республики Беларусь 25 ноября 2011 г.
Регистрационное свидетельство № 372

Учредитель:
УП «Профессиональные издания»

Редакция:
Директор Л.А. Евтушенко
Выпускающий редактор Ю.В. Дроздов
Руководитель службы рекламы и маркетинга М.А. Коваль
Технический редактор С.В. Каулькин

Адрес:
220040, Республика Беларусь, г. Минск,
ул. Богдановича, 112, пом. 1Н, офис 3
Тел.: +375 17 322-16-59, 322-16-76
e-mail: glaz@recipe.by

Подписка
В каталоге РУП «Белпочта» (Беларусь): индивидуальный индекс – 01293; ведомственный индекс – 012932

В электронных каталогах на сайтах агентств:
ООО «Прессинформ», ООО «Криэтив Сервис Бэнд»,
ООО «Екатеринбург-ОПТ», ООО «Глобалпресс»

Электронная версия журнала доступна на сайтах glaz.recipe.by,
в Научной электронной библиотеке eLibrary.ru, в базе данных East
View, в электронной библиотечной системе IPRbooks

По вопросам приобретения журнала обращайтесь в редакцию
Журнал выходит 1 раз в 3 месяца
Цена свободная

Подписано в печать: 19.09.2025
Формат 70x100 $\frac{1}{16}$ (165x240 мм)
Печать офсетная
Тираж 800 экз.
Заказ №

Отпечатано в типографии
Производственное дочернее унитарное предприятие
«Типография Федерации профсоюзов Беларуси».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№2/18 от 26.11.2013.
пл. Свободы, 23-94, г. Минск. ЛП №02330/54 от 12.08.2013.

© «Офтальмология Восточная Европа»
Авторские права защищены. Любое воспроизведение материалов
издания возможно только с письменного
разрешения редакции с обязательной ссылкой на источник.
© УП «Профессиональные издания», 2025
© Оформление и дизайн УП «Профессиональные издания», 2025

Belarus

The journal is registered by the Ministry of information
of the Republic of Belarus November 25, 2011
Registration certificate № 372

Founder:
UE Professional Editions

Editorial office:
Director Evtushenko L.
Commissioning editor Drozdov Yu.
Head of advertising and marketing Koval M.
Technical editor Kaulkin S.

Address:
112 Bogdanovicha st., room 1N, office 3, Minsk,
220040, Republic of Belarus
Phones: +375 17 322-16-59, 322-16-76
e-mail: glaz@recipe.by

Subscription
In the catalogue of the Republican Unitary Enterprise "Belposhta":
individual index – 01293; departmental index – 012932

In the electronic catalogs on web-sites of agencies: LLC "Pressinform",
LLC "Kriektiv Servis Bend", LLC "Ekaterinburg-OPT", LLC "Globalpress"

The electronic version of the journal is available on glaz.recipe.by, on the
Scientific electronic library eLibrary.ru, in the East View database, in the
electronic library system IPRbooks

Concerning acquisition of the journal address to the editorial office
The frequency of the journal is 1 time in 3 months
The price is not fixed

Sent for the press 19.09.2025
Format 70x100 $\frac{1}{16}$ (165x240 mm)
Litho
Circulation is 800 copies
Order №

Printed in printing house

© «Ophthalmology Eastern Europe»
Copyright is protected. Any reproduction of materials of the edition
is possible only with an obligatory reference to the source.
© UE "Professional Editions", 2025
© Design and decor of UE "Professional Editions", 2025

Беларусь

Главный редактор – Позняк Николай Иванович, д.м.н., проф., научный руководитель Центра микрохирургии глаза «Voka» (Минск, Беларусь)

Научный редактор – Марченко Людмила Николаевна, д.м.н., проф., Белорусский государственный медицинский университет (Минск, Беларусь)

Редакционный совет:

Волотовский И.Д., д.б.н., проф., академик НАН Беларуси, Национальная академия наук Беларуси (Минск, Беларусь)

Гусева М.Р., д.м.н., проф., Российский государственный медицинский университет (Москва, Россия)

Дравица Л.В., к.м.н., доц., Гомельский государственный медицинский университет (Гомель, Беларусь)

Иванова В.Ф., к.м.н., доц., Белорусский государственный медицинский университет (Минск, Беларусь)

Ильина С.Н., к.м.н., доц., Гродненский государственный медицинский институт (Гродно, Беларусь)

Имшенецкая Т.А., д.м.н., проф., Институт повышения квалификации и переподготовки кадров

здравоохранения УО «Белорусский государственный медицинский университет» (Минск, Беларусь)

Королькова Н.К., к.м.н., доц., Витебский государственный медицинский институт (Витебск, Беларусь)

Красильникова В.Л., проф., д.м.н., Институт повышения квалификации и переподготовки кадров

здравоохранения УО «Белорусский государственный медицинский университет» (Минск, Беларусь)

Малиновский Г.Ф., проф., д.м.н., Институт повышения квалификации и переподготовки кадров

здравоохранения УО «Белорусский государственный медицинский университет» (Минск, Беларусь)

Семак Г.Р., д.м.н., проф., Белорусский государственный медицинский университет (Минск, Беларусь)

Сидоренко Е.И., д.м.н., проф., Российский национальный исследовательский медицинский университет

им. Н.И. Пирогова (Москва, Россия)

Туйчибаева Д.М., д.м.н., доц., Ташкентский государственный стоматологический институт

(Ташкент, Узбекистан)

Чекина А.Ю., к.м.н., доц., Белорусский государственный медицинский университет (Минск, Беларусь)

Россия

Главный редактор – Бржеский Владимир Всеволодович, д.м.н., проф., Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (Санкт-Петербург)

Редакционный совет:

Бобыкин Е.В., д.м.н., Уральский государственный медицинский университет (Екатеринбург)

Голубев С.Ю., секретарь, к.м.н., «Институт медико-биологических проблем» РАН (Москва)

Коскин С.А., д.м.н., Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова (Санкт-Петербург)

Майчук Д.Ю., д.м.н., МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова (Москва)

Милюдин Е.С., д.м.н., Самарский государственный медицинский университет (Самара)

Николаенко В.П., зам. главного редактора, д.м.н., Санкт-Петербургский государственный университет

(Санкт-Петербург)

Страхов В.В., д.м.н., Ярославский государственный медицинский университет (Ярославль)

Янченко С.В., д.м.н., Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар)

Рецензируемое издание

Журнал включен в международные базы Scopus, Ulrich's Periodicals Directory, EBSCO, PИИЦ, CNKI.

Входит в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований. Решение коллегии ВАК от 10.12.2009 (протокол №23/8).

Ответственность за точность приведенных фактов, цитат, собственных имен и прочих сведений, а также за разглашение закрытой информации несут авторы.

Редакция может публиковать статьи в порядке обсуждения, не разделяя точки зрения автора.

Ответственность за содержание рекламных материалов и публикаций с пометкой «На правах рекламы» несут рекламодатели.

Международный научно-практический журнал

ОФТАЛЬМОЛОГИЯ

Восточная Европа

International scientific journal

Ophthalmology Eastern Europe

OFTALMOLOGIJA VOSTOCHNAJA EVROPA

glaz.recipe-russia.ru

2025 том 15 № 3

2025 Volume 15 Number 3

Основан в 2011 г.

Founded in 2011

Россия

Журнал зарегистрирован

Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)
Реестровая запись ПИ № ФС77-86183 от 19 октября 2023 г.

Учредитель и издатель

ООО «Вилин – Профессиональные издания»

Редакция:

Директор А.В. Сакмаров

Главный редактор В.В. Бржецкий

Адрес редакции и издателя:

214522, Смоленская обл., Смоленский р-н,
с.п. Катynское, п. Авторемзавод, д. 1А, пом. 413
Тел.: +7 4812 51-59-23
e-mail: glaz@recipe.by

Подписка

В электронных каталогах на сайтах агентств: ООО «Прессинформ»,
ООО «Криэтив Сервис Бэнд», ООО «Екатеринбург-ОПТ», ООО
«Глобалпресс»

Электронная версия журнала доступна на сайте glaz.recipe-russia.ru,
в Научной электронной библиотеке eLibrary.ru, в базе данных East
View, в электронной библиотечной системе IPRbooks

Подписано в печать: 19.09.2025
Дата выхода в свет: 29.09.2025
Формат 70x100 1/16, (165x240 мм)
Печать офсетная
Тираж 3000 экз.
Заказ №
16+

Отпечатано в типографии

Производственное дочернее унитарное предприятие
«Типография Федерации профсоюзов Беларуси».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№2/18 от 26.11.2013.
пл. Свободы, 23-94, г. Минск. ЛП №02330/54 от 12.08.2013.

Журнал выходит 1 раз в 3 месяца
Цена свободная

© «Офтальмология Восточная Европа»

Авторские права защищены.
Любое воспроизведение материалов издания возможно только
с обязательной ссылкой на источник.
© ООО «Вилин – Профессиональные издания», 2025

Russia

The journal is registered by the Federal Service for Supervision
of Communications, Information Technology, and Mass Media
(Roskomnadzor) October 19, 2023
Registry entry ПИ № ФС77-86183

Founder and Publisher

LLC "Vilin – Professional Editions"

Editorial office:

Director A. Sakmarov

Editor-in-Chief V. Brzheskij

Editorial and publisher address:

214522, Smolensk region, Smolensk district,
rural settlement Katynskoye, Avtoremzavod village, 1A, office 413
phone: +7 4812 51-59-23
e-mail: glaz@recipe.by

Subscription

In the electronic catalogs on web-sites of agencies:
LLC "Pressinform", LLC «Kriektiv Servis Bend», LLC "Ekaterinburg-OPT", LLC
"Globalpress"

The electronic version of the journal is available on glaz.recipe-russia.ru,
on the Scientific electronic library eLibrary.ru, in the East View database,
in the electronic library system IPRbooks

Sent for the press 19.09.2025
Release date: 29.09.2025
Format 70x100 1/16, (165x240 mm)
Litho
Circulation is 3000 copies
Order №
16+

Printed in printing house

Производственное дочернее унитарное предприятие
«Типография Федерации профсоюзов Беларуси».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№2/18 от 26.11.2013.
пл. Свободы, 23-94, г. Минск. ЛП №02330/54 от 12.08.2013.

The frequency of the journal is 1 time in 3 months
The price is not fixed

© "Ophthalmology Eastern Europe"

Copyright is protected. Any reproduction of materials of the edition
is possible only with an obligatory reference to the source.
© LLC Vilin – Professional Editions, 2025

Belarus

Editor-in-chief – Nikolay I. Pozniak, Doctor of Medical Sciences, Professor, Scientific Director of the Eye Microsurgery Center "Voka" (Minsk, Belarus)

Scientific editor – Ludmila N. Marchenko, Doctor of Medical Sciences, Professor, Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)

Editorial council:

Chekina A., Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)

Dravitsa L., Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Gomel State Medical University (Gomel, Belarus)

Ivanova V., Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)

Guseva M., Doctor of Medical Sciences, Professor, Russian State Medical University (Moscow, Russia)

Iliina S., Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Grodno State Medical Institute (Grodno, Belarus)

Imshenetskaia T., Doctor of Medical Sciences, Professor, Institute for advanced training and Retraining of healthcare Personnel of the El "Belarusian State Medical University" (Minsk, Belarus)

Korolkova N., Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University (Vitebsk, Belarus)

Krasilnikova V., Doctor of Medical Sciences, Professor, Institute for advanced training and Retraining of healthcare Personnel of the El "Belarusian State Medical University" (Minsk, Belarus)

Malinovsky G., Doctor of Medical Sciences, Professor, Institute for advanced training and Retraining of healthcare Personnel of the El "Belarusian State Medical University" (Minsk, Belarus)

Semak G., Doctor of Medical Sciences, Professor, Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)

Sidorenko E., Doctor of Medical Sciences, Professor, Pirogov Russian National Research Medical University (Moscow, Russia)

Tuychibaeva D., PhD, Professor, Tashkent State Dental Institute (Tashkent, Uzbekistan)

Volotovskiy I., PhD of Biology, Professor, Member of the NAS of Belarus, National Academy of Sciences of the Republic of Belarus (Minsk, Belarus)

Russia

Editor-in-chief – Vladimir V. Brzheskij, Doctor of Medical Sciences, Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University (St. Petersburg)

Editorial council:

Bobykin E., Doctor of Medical Sciences, Ural State Medical University (Ekaterinburg)

Sergey Yu. Golubev, Secretary, Candidate of Medical Sciences, Institute of Medical and Biological Problems of RAS (Moscow)

Sergey A. Koskin, Doctor of Medical Sciences, Military Medical Academy named after S.M. Kirov (St. Petersburg)

Dmitry D. Majchuk, Doctor of Medical Sciences, S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution (Moscow)

Evgeny S. Miludin, Doctor of Medical Sciences, Samara State Medical University (Samara)

Vadim P. Nikolaenko, Deputy Editor-in-Chief, Doctor of Medical Sciences, St. Petersburg State University (St. Petersburg)

Vladimir V. Strahov, Doctor of Medical Sciences, Yaroslavl State Medical University (Yaroslavl)

Sergey V. Yanchenko, Doctor of Medical Sciences, Kuban State Medical University (Krasnodar)

Peer-reviewed edition

The journal is included in the international databases of Scopus, Ulrich's Periodicals Directory, EBSCO, RSCI, CNKI.

The journal is included into a List of scientific publications of the Republic of Belarus for the publication of the results of the dissertation research (HCC board decision of 10.12.2009, protocol No. 23/8).

Responsibility for the accuracy of the given facts, quotes, own names and other data, and also for disclosure of the classified information authors bear.

Editorial staff can publish articles as discussion, without sharing the point of view of the author.

Responsibility for the content of advertising materials and publications with the mark "On the Rights of Advertising" are advertisers.

Оригинальные исследования

Беляковский П.В., Позняк Н.И., Позняк О.Н., Потапов М.П., Абельский Д.Е., Белькевич Ю.Л., Котович В.О., Лихорад Е.Г., Гусева Ю.А., Жуков К.В.
Эффективность сочетанной хирургии макулярных разрывов с применением PRP и одномоментной фактоэмulsionификацией 255

Юсупов А.А., Хамидова Ф.М., Насретдинова М.Т., Василенко А.В.
Наши наблюдения за особенностями синдрома сухого глаза в условиях континентального климата Узбекистана и его взаимосвязи с атрофическим ринитом..... 274

Потемкин В.В., Черкашина А.С., Варганова Т.С.
Эффективность применения вискоэластиков различной плотности в хирургии катаракты..... 284

Билалов Э.Н., Абдуллаев А.О., Билалов Б.Э., Орипов О.И.
Экспериментальная оценка безопасности нового антифибротического препарата барьерного действия, предназначенного для хирургии глаукомы, – гидрогеля на основе натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы 295

Джессика Мэтью, Брайан Лаудермилк
Эффективность фильтрации ультрафиолетового и высокоэнергетического видимого света (синего света) контактных линз TOTAL30® 308

Бобыкин Е.В., Коротких С.А., Крохалев В.Я., Варежкина Е.С., Третьякова Ю.Д., Минеева А.Н.
Оценка целесообразности определения клинической рефракции студентов медицинского вуза на практических занятиях по офтальмологии..... 315

Нурулдин Хатем, Видждан Назар Ибрахаим, Муатаз Хасан Джааз
Анализ демографических характеристик и некоторых факторов риска у пациентов с катарактой на юге Ирака 325

Терешенко О.В., Марченко Л.Н., Далидович А.А.
Оптимизация анти-VEGF-терапии макулярного отека при окклюзиях вен сетчатки: сравнительный анализ режимов Treat & Extend и Pro Re Nata..... 331

Обзоры и лекции

Баранов А.Ю., Бржеский В.В., Скоробогатова Е.И.
Современные возможности исследования цветового зрения у детей раннего возраста 338

Патеев Л.С., Суханова Е.В., Колгаева М.М., Даудова А.И.
Современные методы оценки биомеханических свойств роговицы у пациентов с кератоконусом..... 348

Клинический случай

Семак Г.Р., Ремезова О.И., Маркова Ю.В., Криштопенко Г.В., Ковшель Н.М., Ковриго О.А.
Возможности восстановления роговицы при нестандартной реабилитации после LASIK..... 364

Сущеня Г.А., Красильникова В.Л., Веренич А.В., Давидюк Т.А., Смирнов И.Н.
Вителлиформная макулодистрофия у ребенка, вызванная редкой мутацией гена IMPG1: клинический случай 373

Малиновская И.И., Санюк Е.И., Радькова С.В.
Хориоидальная неоваскуляризация и сопутствующие перфорирующие сосуды склеры при осложненной миопии 381

Original Research

Belyakovsky P., Poznyak N., Poznyak O., Potapnev M., Abelsky D., Belkevich Yu., Kotovich V., Likhorad E., Guseva Yu., Zhukov K.
Efficiency of Combined Macular Hole Surgery Using PRP and Single-Stage Phacoemulsification256

Yusupov A. Aminjon, Khamidova M. Firuza, Nasretdinova T. Mahzuna, Vasilenko V. Andrey
Our Observations on the Features of Dry Eye Syndrome in the Continental Climate of Uzbekistan and its Relationship with Atrophic Rhinitis.....275

Vitaliy V. Potemkin, Anna S. Cherkashina, Tatiana S. Varganova
Efficiency of Using Viscoelastics of Different Densities in Cataract Surgery285

Bilalov E., Abdullaev A., Bilalov B., Oripov O.
Experimental Assessment of the Safety of a New Anti-Fibrotic Barrier Agent Intended for Glaucoma Surgery – a Hydrogel Based on Sodium Carboxymethylcellulose296

Jessica Mathew, Brian Loudermilk
Efficacy of Ultraviolet and High-Energy Visible (Blue Light) Filtration by Total30® Contact Lenses.....308

Bobykin E., Korotkikh S., Krokhalev V., Varezhkina E., Tretyakova Yu., Mineeva A.
Assessment of the Feasibility of Determining Clinical Refraction of Medical Students in Practical Classes in Ophthalmology314

Nooruldeen Hatem, Wijdan Nazar Ibraheim, Muataz Hasan Jaz
Analysis of Demographic Characteristic and Some Risk Factors for Patients with Cataract in Southern of Iraq324

Tserashenka V., Marchenko L., Dalidovich A.
Optimization of Anti-VEGF Therapy for Macular Edema Secondary to Retinal Vein Occlusion: Comparative Analysis of Treat & Extend and Pro Re Nata.....332

Reviews and Lectures

Baranov A., Brzhesky V., Skorobogatova E.
Modern Possibilities of Studying Color Vision in Young Children.....339

Pateyuk L., Sukhanova E., Kolgaeva M., Daudova A.
Modern Techniques for Corneal Biomechanics Assessment in Keratoconic Patients.....349

Clinical Case

Semak G., Remezava V., Markova Yu., Krishtopenko H., Kovshel N., Kovrigo O.
Opportunities of Corneal Recovery in Non-Standardized Rehabilitation after Lasik365

Sushchenia H., Krasilnikova V., Viarenich A., Davidiuk T., Smirnov I.
Vitelliform Macular Dystrophy in Child Caused by Rare Mutation of IMPG1 Gene: Clinical Case.....374

Malinovskaya I., Sanyuk E., Radkova S.
Choroidal Neovascularization and Concomitant Perforating Vessels of the Sclera in Complicated Myopia382



<https://doi.org/10.34883/PI.2025.15.3.013>
УДК 617.75



Беляковский П.В. ✉, Позняк Н.И., Позняк О.Н., Потапнев М.П., Абельский Д.Е.,
Белькевич Ю.Л., Котович В.О., Лихорад Е.Г., Гусева Ю.А., Жуков К.В.
Центр микрохирургии глаза VOKA, Минск, Беларусь

Эффективность сочетанной хирургии макулярных разрывов с применением PRP и одномоментной фактоэмульсификацией

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: концепция и дизайн исследования, написание текста, анализ литературы, описание результатов и выводов исследования – Позняк Н.И., Беляковский П.В.; сбор и обработка материала, статистическая обработка, табличное и графическое представление материала – Позняк Н.И., Беляковский П.В., Жуков К.В.; редактирование – Позняк О.Н., Потапнев М.П., Абельский Д.Е., Белькевич Ю.Л., Котович В.О., Лихорад Е.Г., Гусева Ю.А., Жуков К.В.

Подана: 02.07.2025

Принята: 08.09.2025

Контакты: beliakouskipavel.1977@gmail.com

Резюме

Введение. Идиопатические макулярные разрывы (ИМР) представляют собой одну из наиболее сложных задач современной витреоретинальной хирургии. Несмотря на совершенствование методик витрэктомии с пилингом внутренней пограничной мембраны (ВПМ) и использованием газовой тампонады, проблема оптимизации анатомических и функциональных результатов остается актуальной. В последние годы привлекает внимание применение аутологичной плазмы, обогащенной тромбоцитами (PRP), благодаря ее потенциалу стимуляции процессов регенерации.

Цель. Оценить эффективность применения аутоплазмы, обогащенной тромбоцитами, при хирургическом лечении идиопатических макулярных разрывов II–IV стадии по сравнению со стандартной техникой витрэктомии с газовой тампонадой.

Материалы и методы. В исследование включено 55 глаз 50 пациентов с ИМР II–IV стадии по Gass ($MHD_{min} = 360,59 \pm 140,06$ мкм), которым была выполнена субтотальная витрэктомия с пилингом ВПМ и газовой тампонадой и одномоментной фактоэмульсификацией с имплантацией ИОЛ. В основной группе (41 глаз) дополнительно применяли PRP; в контрольной группе (14 глаз) операция проводилась без использования PRP. Оценку анатомических и функциональных результатов осуществляли с применением стандартного офтальмологического обследования и оптической когерентной томографии (ОСТ).

Результаты. Закрытие макулярного разрыва достигнуто во всех наблюдениях. В послеоперационном периоде отмечено достоверное улучшение некорректированной (НКОЗ: основная – $0,37 \pm 0,19$, контрольная – $0,32 \pm 0,16$) и максимально скорректированной остроты зрения (МКОЗ: основная – $0,52 \pm 0,14$, контрольная – $0,50 \pm 0,18$) в обеих группах ($p < 0,001$). При этом в группе с применением PRP наблюдалась тенденция к более выраженному восстановлению анатомической структуры макулы по данным ОКТ (дефект EZ уменьшился с $1099,70 \pm 296,49$ до $484,04 \pm 311,05$ мкм ($p < 0,001$, Wilcoxon), дефект ELM – с $1135,15 \pm 337,40$ до $316,00 \pm 277,62$ мкм ($p < 0,001$)) и лучшим функциональным результатам.

Выводы. Использование аутологичной плазмы, обогащенной тромбоцитами, при хирургическом лечении идиопатических макулярных разрывов способствует ускорению репаративных процессов и улучшению анатомических (дефект EZ уменьшился с $1099,70 \pm 296,49$ до $484,04 \pm 311,05$ мкм ($p < 0,001$, Wilcoxon), дефект ELM – с $1135,15 \pm 337,40$ до $316,00 \pm 277,62$ мкм ($p < 0,001$)) и зрительных исходов. Этот подход заслуживает дальнейшего изучения как перспективное дополнение к стандартной хирургической тактике.

Ключевые слова: идиопатический макулярный разрыв, витрэктомия, аутоплазма, обогащенная тромбоцитами, PRP, офтальмохирургия, оптическая когерентная томография

Belyakovskiy P. ✉, Poznyak N., Poznyak O., Potapnev M., Abelsky D., Belkevich Yu., Kotovich V., Likhorad E., Guseva Yu., Zhukov K.
VOKA Eye Microsurgery Center, Minsk, Belarus

Efficiency of Combined Macular Hole Surgery Using PRP and Single-Stage Phacoemulsification

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: study concept and design, writing the text, literature analysis, description of the results and conclusions of the study – Poznyak N., Belyakovskiy P.; collection and processing of material, statistical processing, tabular and graphical presentation of the material – Poznyak N., Belyakovskiy P., Zhukov K.; editing – Poznyak O., Potapnev M., Abelsky D., Belkevich Yu., Kotovich V., Likhorad E., Guseva Yu., Zhukov K.

Submitted: 02.07.2025

Accepted: 08.09.2025

Contacts: beliakouskipavel.1977@gmail.com

Abstract

Introduction. Idiopathic macular holes (IMH) remain one of the most challenging conditions in modern vitreoretinal surgery. Despite advances in vitrectomy techniques involving internal limiting membrane (ILM) peeling and gas tamponade, the optimization of anatomical and functional outcomes remains a pressing issue. In recent years, interest has grown in the use of autologous platelet-rich plasma (PRP) due to its regenerative potential.

Purpose. To evaluate the efficacy of autologous PRP as an adjunct in the surgical treatment of stage II–IV idiopathic macular holes compared to standard vitrectomy with gas tamponade.

Materials and methods. The study included 55 eyes of 50 patients with stage II–IV IMH (Gass classification; mean minimum hole diameter 360.59 ± 140.06 μm), all of whom underwent subtotal vitrectomy with ILM peeling, gas tamponade, and simultaneous phacoemulsification with intraocular lens implantation. In the main group (41 eyes), PRP was used intraoperatively; in the control group (14 eyes), surgery was performed without PRP. Anatomical and functional outcomes were assessed using standard ophthalmic examination and optical coherence tomography (OCT).

Дополнительным клиническим преимуществом может являться одномоментное выполнение факоэмульсификации у пациентов с сопутствующей катарактой [23]. Сочетание факоэмульсификации с витрэктомией и PRP позволяет оптимизировать хирургический доступ, минимизировать риски повторных вмешательств и улучшить функциональные исходы.

Несмотря на накопленные положительные клинические наблюдения, комплексный подход с применением PRP при макулярных разрывах в сочетании с факоэмульсификацией остается недостаточно изученным [15, 22]. Необходимость в проведении контролируемых сравнительных исследований обусловлена как высокой клинической значимостью данной категории пациентов, так и потребностью в объективной оценке анатомических и функциональных результатов в кратко- и среднесрочной перспективе.

Представленное исследование направлено на оценку эффективности комбинированного хирургического подхода с применением аутологичной PRP и одномоментной факоэмульсификацией с имплантацией ИОЛ у пациентов с макулярными разрывами, что, по нашему мнению, позволяет не только повысить частоту анатомического закрытия дефекта, но и достичь лучшего функционального восстановления.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить эффективность применения аутологичной плазмы, обогащенной тромбоцитами, при комбинированном хирургическом лечении идиопатических макулярных разрывов II–IV стадии по сравнению со стандартной техникой витрэктомии с газовой тампонадой.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Настоящее исследование основано на ретроспективном анализе результатов хирургического лечения идиопатических макулярных разрывов сетчатки II–IV стадии по классификации Gass, проведенного у 50 пациентов (55 глаз), находившихся на лечении в центре микрохирургии глаза «ВОКА». В зависимости от примененной хирургической методики пациенты были распределены на 2 группы – основную и группу сравнения (табл. 1). Средний возраст в основной группе составил $66,10 \pm 4,71$; в группе сравнения – $67,71 \pm 4,47$. В основную группу ($n=41$) вошли пациенты, которым выполнена субтотальная витрэктомия с дегидратацией зоны разрыва, вакуумным сближением краев дефекта с помощью силиконовой канюли и инстилляцией аутоплазмы, обогащенной тромбоцитами (PRP), с последующей газовой тампонадой SF₆. Во вторую группу сравнения ($n=14$) включены пациенты, оперированные без применения PRP – с выполнением аналогичного объема витрэктомии, дегидратации и сближения краев разрыва, но без использования биологического компонента, с последующей газовой тампонадой SF₆. В обеих группах выполнялась одномоментная факоэмульсификация с имплантацией интраокулярной линзы.

Критериями включения являлись: наличие макулярного разрыва, подтвержденного данными оптической когерентной томографии (ОКТ), и отсутствие выраженных сопутствующих офтальмопатологий, влияющих на макулярную зону (например, пролиферативной диабетической ретинопатии, влажной формы ВМД, миопии более 8 дптр).



В основной группе средняя некорректируемая острота зрения (НКОЗ) составила $0,16 \pm 0,09$, максимально скорректированная острота зрения (МКОЗ) – $0,29 \pm 0,15$. Минимальный диаметр макулярного разрыва (MHD_{min}) по данным ОКТ составлял $334,24 \pm 139,19$ мкм, максимальный диаметр макулярного разрыва (MHD_{max}) – $718,39 \pm 286,17$ мкм.

В группе сравнения средняя НКОЗ составила $0,14 \pm 0,07$; МКОЗ – $0,26 \pm 0,14$. MHD_{min} равнялся $386,93 \pm 140,92$ мкм, MHD_{max} – $730,71 \pm 286,33$ мкм.

Статистически значимых достоверных различий между группами не отмечено по всем параметрам ($p > 0,05$), что свидетельствует о сопоставимости групп по дооперационным характеристикам.

До и после операции выполнялось полное офтальмологическое обследование, включая определение некорректированной (НКОЗ) и максимально скорректированной остроты зрения (МКОЗ), авторефрактометрия, биометрия с определением осевой длины глаза, измерение сферического и цилиндрического компонентов рефракции, оценка переднего отрезка и глазного дна с использованием щелевой лампы и фундус-линзы.

Морфометрическая оценка макулярного дефекта осуществлялась по данным оптической когерентной томографии (ОКТ) с измерением параметров макулярного разрыва: минимальный (MHD_{min}), максимальный (MHD_{max}) диаметр, высота макулярного отверстия (MH_{height}), протяженность дефекта эллипсоидной зоны (EZ) и наружной пограничной мембраны (ELM), а также толщина сетчатки в центре и по краю фovea.

Анатомический успех определяли как полное закрытие МР по данным ОКТ. Все пациенты соблюдали позицию «лицом вниз» в течение 3 суток после операции.

Таблица 1
Дооперационные клиничко-морфологические характеристики пациентов основной и контрольной групп

Table 1
Preoperative clinical and morphological characteristics of patients in the main and control groups

| Показатель | Группа 1 (n=41) | Группа 2 (n=14) | p-значение |
|--|----------------------|----------------------|------------|
| Средний возраст (лет) | $66,10 \pm 4,71$ | $67,71 \pm 4,47$ | 0,192 |
| Женщины/мужчины | 30/8 | 11/2 | 0,979 |
| НКОЗ | $0,16 \pm 0,09$ | $0,14 \pm 0,07$ | 0,362 |
| МКОЗ | $0,29 \pm 0,15$ | $0,26 \pm 0,14$ | 0,487 |
| ПЗО, мм | $23,50 \pm 0,83$ | $23,64 \pm 0,69$ | 0,612 |
| Сферическая рефракция (sph, D) | $-0,09 \pm 1,30$ | $-0,41 \pm 1,31$ | 0,429 |
| Цилиндрическая рефракция (cyl, D) | $-0,10 \pm 1,0$ | $0,14 \pm 0,73$ | 0,387 |
| Роговичный астигматизм (cyl, D) | $0,67 \pm 0,35$ | $0,63 \pm 0,25$ | 0,713 |
| MHD_{min} , мкм | $334,24 \pm$ | $386,93 \pm 140,92$ | 0,244 |
| MHD_{max} , мкм | $718,39 \pm$ | $730,71 \pm 286,33$ | 0,885 |
| MH_{height} , мкм | $423,70 \pm 69,84$ | $388,29 \pm 43,06$ | 0,071 |
| Дефект эллипсоидной зоны, EZ, мкм | $1099,70 \pm$ | $935,91 \pm 305,93$ | 0,161 |
| Дефект наружной пограничной мембраны, ELM, мкм | $1135,15 \pm 337,40$ | $1029,36 \pm 360,08$ | 0,404 |

Примечания: MHD_{min} – минимальный диаметр макулярного разрыва, MHD_{max} – максимальный диаметр, EZ – зона эллипсоида, ELM – наружная пограничная мембрана.

Пациенты с сопутствующими патологиями сетчатки, такими как пролиферативная диабетическая ретинопатия, кровоизлияние в стекловидное тело, отслоение сетчатки, влажная форма возрастной макулярной дегенерации, воспалительные заболевания, сосудистая окклюзия, высокая миопия >8,00 дптр или травма, были исключены.

Хирургическое вмешательство рекомендовалось, если в течение предоперационного периода наблюдения (3–6 месяцев с момента формирования макулярного разрыва) наблюдались следующие признаки: наличие макулярного разрыва, значительное снижение остроты зрения, прогрессирование патологической фовеолярной морфологии и/или значительное ухудшение качества жизни, вызванное метаморфопсией. Анатомический успех определялся как закрытие отверстия и положительная послеоперационная морфология на ОКТ.

У всех пациентов первым этапом проводилась факоэмульсификация стандартным методом Phaco chop через роговичный доступ шириной 2,2 мм. После полной аспирации ядра и кортикальных масс капсульный мешок заполнялся вискоэластиком, после чего интраокулярная линза имплантировалась инjekторным способом. Удаление вискоэластика из передней и частично из задней камеры осуществлялось методом ирригации-аспирации. Роговичный разрез герметизировался посредством гидратации.

После имплантации ИОЛ проводилась установка троакаров 25+...27+ gauge с клапанной системой, после чего выполнялась субтотальная витрэктомия. Техника операции 25–27-gauge-витрэктомии проводилась под местной или общей анестезией с использованием хирургического аппарата CONSTELLATION (ALCON, USA).

Задняя гиалоидная мембрана удалялась с использованием витреотома в режиме аспирации, после чего проводились селективное окрашивание и пилинг внутренней пограничной мембраны (ВПМ) с помощью ILM-пинцета (Alcon) по классической методике. Это обеспечивало подвижность сетчатки в макулярной зоне, что способствовало выполнению газовой тампонады.

Освобожденный от ВПМ участок сетчатки четко контрастировал с окружающими тканями, подтверждая эффективность проведенного этапа операции. Завершающим шагом являлась дегидратация области макулярного разрыва при помощи силиконовой канюли, вакуумное сближение его краев, нанесение раствора PRP и последующая экспозиция. Плазму к макулярному разрыву вводили в количестве 10–15 мкл. Для восстановления полости стекловидного тела применялись сбалансированный солевой раствор BSS (ALCON, USA), воздух, газозвдушная смесь (20% SF₆).

Во время витреоретинального этапа отмечалась адекватная визуализация сетчатки практически у всех пациентов. Наличие ИОЛ обеспечивало качественное выполнение передней витрэктомии. Кроме того, на этапе заполнения витреальной полости стерильным воздухом наблюдалось четкое смыкание краев макулярного отверстия, что способствовало эффективной и атравматичной дегидратации зоны разрыва. Применение PRP на сомкнутые края дефекта позволило контролировать стабильность его закрытия на протяжении всего периода экспозиции.

Всем пациентам рекомендовано соблюдать положение «лицом вниз» в течение 72 часов после операции.

Исследование проведено в соответствии со стандартами и принципами Хельсинкской декларации. До включения в исследование от всех участников было получено



добровольное письменное информированное согласие о характере лечения и возможных осложнениях.

Для оценки достоверности различий между группами и выявления значимых связей между клиничко-морфологическими показателями до и после хирургического вмешательства был проведен комплексный статистический анализ с использованием стандартных методов вариационной и корреляционной статистики.

Статистическая значимость различий между группами оценивалась с использованием критерия Манна – Уитни для количественных данных и критерия χ^2 для качественных переменных. Уровень статистической значимости принят за $p < 0,05$.

Таким образом, дооперационные параметры в 2 группах были статистически сопоставимы. По параметрам достоверных различий не выявлено ($p > 0,05$), что свидетельствует о сопоставимости групп по дооперационным характеристикам и позволяет объективно сравнивать эффективность вмешательств.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В исследование были включены 55 глаз у 50 пациентов с идиопатическими макулярными разрывами (ИМР), которые были разделены на 2 группы в зависимости от примененной тактики хирургического вмешательства. Основная группа включала 41 глаз, где дополнительно использовалась аутологичная плазма, обогащенная тромбоцитами (PRP), тогда как в контрольной группе (14 глаз) проводилась стандартная витрэктомия с удалением внутренней пограничной мембраны и газовой тампонадой SF_6 . Демографические характеристики пациентов, включая возраст и пол, оказались сопоставимыми в обеих группах. Средний возраст пациентов составил $66,10 \pm 4,71$ года в основной и $67,71 \pm 4,47$ года в контрольной группе ($p = 0,327$), различия статистически не значимы.

В послеоперационном периоде не выявлено признаков воспаления, изменений ВГД или дислокации ИОЛ.

Анатомическое закрытие ИМР было достигнуто во всех случаях обеих групп, что подтверждает высокую эффективность примененных хирургических методик. В 1 случае в основной группе потребовалась повторная газовоздушная тампонада SF_6 . Небольшая частота повторной тампонады (в основной группе) соответствует данным литературы. Однако оценка функциональных и морфологических параметров в до- и послеоперационном периоде выявила ряд статистических и клинически значимых различий.

Дооперационные значения некорректируемой остроты зрения (НКОЗ) и максимально скорректированной остроты зрения (МКОЗ) статистически значимо не различались между группами ($p > 0,05$). Однако после хирургического лечения наблюдалось достоверное улучшение этих параметров в обеих группах ($p < 0,001$) (табл. 2).

До хирургического лечения некорректируемая острота зрения НКОЗ в основной группе увеличилась с $0,16 \pm 0,09$ до $0,37 \pm 0,19$ ($p < 0,001$, Wilcoxon), а в контрольной – с $0,14 \pm 0,07$ до $0,32 \pm 0,16$ ($p < 0,001$). МКОЗ в основной группе улучшилась с $0,29 \pm 0,15$ до $0,52 \pm 0,14$ ($p < 0,001$), в контрольной – с $0,26 \pm 0,14$ до $0,50 \pm 0,18$ ($p < 0,001$). Несмотря на положительную динамику в обеих группах, при сравнении постоперационных значений между группами различия были недостоверными ($p > 0,05$, Mann – Whitney), что может быть связано с ограниченным числом наблюдений во второй группе (рис. 1).

Таблица 2

Динамика показателей остроты зрения пациентов основной и контрольной групп до и после операции (3 месяца)

Table 2

Dynamics of visual acuity indicators in patients in the main and control groups before and after surgery (3 months)

| Группа | Показатель | До операции (M±SD) | После операции (M±SD) | p (до – после) |
|-------------|------------|--------------------|-----------------------|----------------|
| Основная | НКОЗ | 0,16±0,09 | 0,37±0,19 | <0,001 |
| | МКОЗ | 0,29±0,15 | 0,52±0,14 | <0,001 |
| Контрольная | НКОЗ | 0,14±0,07 | 0,32±0,16 | <0,001 |
| | МКОЗ | 0,26±0,14 | 0,50±0,18 | <0,001 |

Несмотря на тенденцию к более высокому конечному значению МКОЗ в контрольной группе (межгрупповое сравнение послеоперационных значений показало преимущество основной группы по НКОЗ ($p=0,049$)), различия между группами оставались в пределах статистической погрешности ($p>0,1$) и не достигли статистической значимости ($p=0,284$).

Дооперационные параметры рефракции и длины глаза были однородны в обеих группах. После операции различия в сферической и цилиндрической рефракции, а также в роговичном астигматизме не достигли статистической значимости. Тем не менее наблюдалась тенденция к меньшему остаточному роговичному астигматизму в контрольной группе ($0,49\pm 0,30$ D против $0,66\pm 0,34$ D, $p=0,048$).

Изучение динамики сферической и цилиндрической рефракции в основной и контрольной группах пациентов до и после оперативного вмешательства позволило выявить ряд закономерностей, имеющих клиническое значение (табл. 3).

На этапе предоперационного обследования средняя сферическая рефракция составила в основной группе $-0,09\pm 1,30$ D (от +2,5 до $-5,25$ D), а в группе контроля $-0,41\pm 1,31$ D (от +2,25 до $-7,75$ D). Различия между группами на данном этапе не были статистически значимыми ($p=0,223$ по критерию Манна – Уитни). Послеоперационная динамика выявила достоверные различия: в основной группе среднее значение

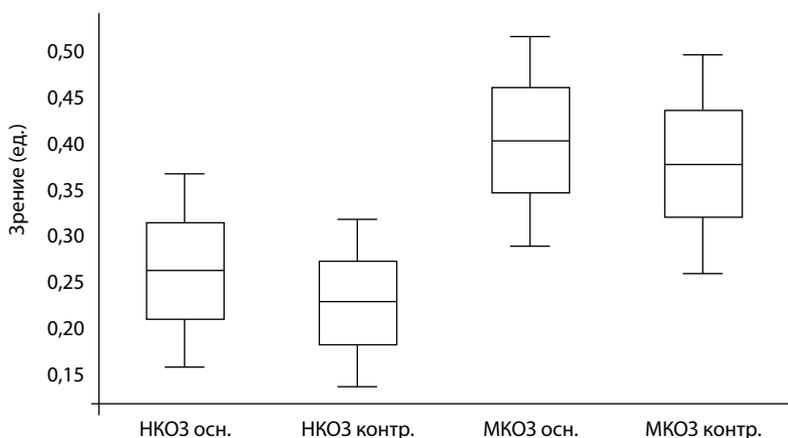


Рис. 1. Динамика остроты зрения в основной и контрольной группах до и после операции (3 месяца)
Fig. 1. Dynamics of visual acuity in the main and control groups before and after surgery (3 months)



Таблица 3

Динамика показателей рефракции и роговического астигматизма у пациентов основной и контрольной групп до и после операции (3 месяца)

Table 3

Dynamics of refraction indicators and corneal astigmatism in patients in the main and control groups before and after surgery (3 months)

| Параметр | Основная группа до операции | Контрольная группа до операции | Основная группа после операции | Контрольная группа после операции |
|--------------------|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| Sph (D) рефракция | -0,09±1,30 | -0,41±1,31 | -0,48±1,03 | +0,27±0,51 |
| Cyl (D) рефракция | -0,10±1,0 | +0,14±0,73 | -0,38±0,74 | -0,71±0,64 |
| Cyl (D) роговичный | 0,67±0,35 | 0,63±0,25 | 0,66±0,34 | 0,73±0,37 |

составило $-0,48 \pm 1,03$ D, в контрольной группе $+0,27 \pm 0,51$ D. Статистическая проверка показала наличие достоверных различий между группами как по критерию Манна – Уитни ($p=0,019$), так и по критерию Краскела – Уоллиса ($p=0,024$), что указывает на различие рефракционных сдвигов в результате вмешательства, что, в свою очередь, требует учитывать особенности планирования целевой рефракции у таких пациентов и объясняется предоперационным выбором пациентом целевой рефракции в пользу дали или близи (табл. 4).

Следует отметить, что в основной группе наблюдалась тенденция к усилению миопии после хирургического вмешательства, тогда как в контрольной группе, напротив, имело место смещение в сторону слабой гиперметропии. Эти изменения, вероятно, связаны с особенностями хирургической тактики и предоперационного расчета (имплантации монофокальных асферических ИОЛ без астигматического компонента с выбором целевой рефракции пациентов для близи или дали), а также с различиями в биометрических параметрах глаз пациентов обеих групп.

Цилиндрическая составляющая рефракции до операции в основной группе находилась на уровне $-0,10 \pm 1,0$ D (от $+1,75$ до $-3,0$ D), в контрольной группе $+0,14 \pm 0,73$ D (от $+1,25$ до $-1,5$ D). Статистическая проверка различий между группами также не выявила достоверности ($p=0,184$).

После операции в обеих группах наблюдалось усиление астигматического компонента: до $-0,38 \pm 0,74$ D в основной группе и до $-0,71 \pm 0,64$ D в контрольной. Несмотря

Таблица 4

Сравнительный анализ по критериям Манна – Уитни и Краскела – Уоллиса динамики показателей рефракции и роговического астигматизма у пациентов основной и контрольной групп до и после операции (3 месяца)

Table 4

Comparative analysis according to the Mann-Whitney and Kruskal-Wallis criteria of the dynamics of refraction indicators and corneal astigmatism in patients in the main and control groups before and after surgery (3 months)

| Показатель | P-значение Манна – Уитни (до операции) | P-значение Манна – Уитни (после операции) | P-значение Краскела – Уоллиса |
|---------------|--|---|-------------------------------|
| Sph (D) | 0,223 | 0,019 (достоверно) | 0,024 (достоверно) |
| Cyl (D) | 0,184 | 0,082 | 0,094 |
| Корн. Cyl (D) | 0,427 | 0,381 | 0,398 |

на увеличение величины цилиндра, различия между группами оставались статистически недостоверными как по Манну – Уитни ($p=0,082$), так и по Краскелу – Уоллису ($p=0,094$) (табл. 4).

Данный факт свидетельствует о том, что на изменения цилиндрической рефракции в большей степени влияют общие факторы оперативного вмешательства и отсутствия имплантации ИОЛ с торическим компонентом, а не особенности конкретного подхода хирургии макулярного разрыва или группы.

Показатели роговичного астигматизма до операции были схожими в основной ($0,67\pm 0,35$ D) и контрольной группах ($0,63\pm 0,25$ D), без статистически значимых различий ($p=0,427$). После операции изменения также были минимальными: $0,66\pm 0,34$ D в основной группе и $0,73\pm 0,37$ D в контрольной ($p=0,381$ по Манну – Уитни) (табл. 4).

Это свидетельствует о том, что хирургическое вмешательство, включая фактоэмульсификацию и вмешательства на макулярной зоне, не оказывает существенного влияния на величину роговичного астигматизма, что соответствует данным литературы о стабильности переднего сегмента глаза при подобных операциях.

Полученные данные позволяют утверждать, что рефракционные изменения после комбинированных операций носят разноплановый характер в зависимости от исследуемого параметра. Изменения сферического компонента показали достоверную разницу между группами, что требует учета при предоперационном планировании и выборе рефракции цели, особенно у пациентов, для которых критична рефракционная точность исхода (например, пациентов с высокими зрительными требованиями).

Динамика цилиндрической рефракции продемонстрировала некоторое усиление астигматизма после вмешательства, однако без достоверной разницы между группами. Это указывает на то, что факторы, влияющие на цилиндрическую составляющую, скорее универсальны для хирургического процесса в целом и связаны с послеоперационной перестройкой биомеханики роговицы и внутренней архитектуры глаза и предполагают имплантацию ИОЛ с торическим компонентом.

Стабильность роговичного астигматизма до и после операции подтверждает, что фактоэмульсификация в сочетании с витреоретинальными манипуляциями при правильной технике выполнения не вносит значимых изменений в анатомию роговицы.

Поля зрения в послеоперационном периоде претерпевали незначительные динамические изменения.

Проведенный анализ показал, что внутриглазное давление в ранние сроки после комбинированного хирургического вмешательства (витрэктомии с лечением макулярного разрыва и одномоментной фактоэмульсификации) демонстрировало

Таблица 5
Динамика показателей пневмотонометрии и периметрии у пациентов основной и контрольной групп до и после операции (3 месяца)
Table 5
Dynamics of pneumotometry and perimetry indicators in patients in the main and control groups before and after surgery (3 months)

| Показатель | До операции | После операции (1 мес.) | Динамика |
|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------|----------|
| ПТМ (мм рт. ст.) | $17,05\pm 2,72$ (10–24) | $18,59\pm 4,79$ (7,6–36) | +1,54 |
| Суммарное поле зрения (град.) | $472\pm 22,87$ (390–575) | $457,17\pm 26,07$ (365–490) | -14,83 |

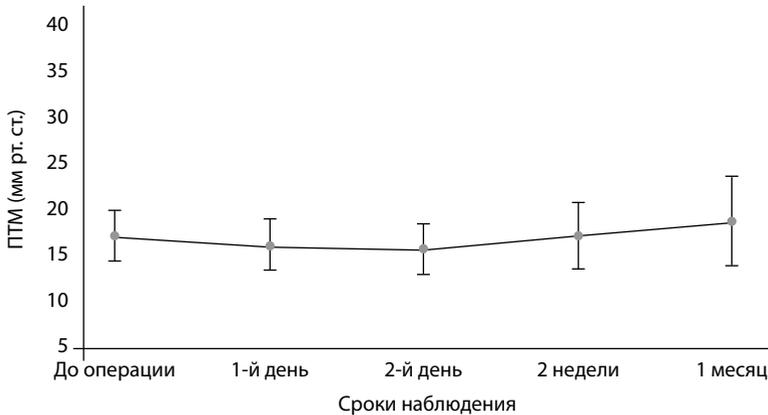


Рис. 2. Динамика внутриглазного давления в основной и контрольной группах после операции
Fig. 2. Dynamics of intraocular pressure in the main and control groups after surgery

тенденцию к снижению, что, вероятно, связано с улучшением оттока внутриглазной жидкости после удаления стекловидного тела. Так, в 1-й день: ПТМ снизилась до $16,03 \pm 2,77$ мм рт. ст., при этом минимальное значение составило 11,3 мм рт. ст., а максимальное достигало 31,5 мм рт. ст. (рис. 2).

Во 2-й день: ПТМ продолжила снижаться до $15,65 \pm 2,69$ мм рт. ст. Диапазон колебаний оказался несколько менее выраженным (9–25,2 мм рт. ст.), что указывает на стабилизацию глазного давления у большинства пациентов. Отмечен широкий разброс показателей, что, вероятно, связано с послеоперационной реакцией тканей и индивидуальной гидродинамикой глаза. Однако в некоторых случаях на 1–2-й день после операции зафиксированные эпизоды повышения внутриглазного давления можно объяснить в том числе введением газа SF₆ в полость стекловидного тела для тампонады макулярной области. Через 2 недели показатель ПТМ приблизился к исходным значениям ($17,05 \pm 3,64$ мм рт. ст., min 9,7 / max 27,8 мм рт. ст.), что свидетельствует о восстановлении нормальной циркуляции внутриглазной жидкости (рис. 2).

К концу первого месяца после вмешательства зафиксировано небольшое увеличение среднего уровня внутриглазного давления – до $18,59 \pm 4,79$ мм рт. ст. Минимальное значение составило 7,6 мм рт. ст., а максимальное – 36 мм рт. ст., что, по-видимому, связано с регулярными инстилляциями кортикостероидных препаратов (дексаметазона), способных вызывать транзиторную стероид-индуцированную гипертензию у предрасположенных пациентов, требующую внимания и возможной корректирующей терапии (табл. 5).

Что касается динамики суммарного поля зрения, незначительное его снижение после операции (средний показатель уменьшился до $457,17 \pm 26,07$ град., а разброс значений сократился – от 365 до 490 град.) может быть обусловлено реактивными изменениями со стороны периферических отделов сетчатки, в частности временной отечностью или реакцией на хирургическое вмешательство (табл. 5). Также небольшое снижение суммарного поля зрения в раннем послеоперационном периоде может быть связано с послеоперационным отеком макулы, наличием газа в витреальной полости или изменением преломляющих свойств глаза после факоемульсификации.

Следует отметить, что разброс минимальных и максимальных значений полей зрения уменьшился, что свидетельствует о большей стабильности результатов в группе, относительно выравнивании результатов между пациентами и отсутствии выраженных негативных эффектов у отдельных пациентов.

В целом полученные данные подтверждают безопасность и обоснованность выбранной хирургической тактики. Однако подчеркивается необходимость тщательного динамического контроля внутриглазного давления в раннем и позднем послеоперационных периодах, а также мониторинга состояния периферии сетчатки для своевременного выявления возможных изменений.

Сравнение параметров макулярного разрыва, полученных с помощью ОКТ, показало, что минимальный диаметр (MHD_{min}) до операции в основной группе составил $334,24 \pm 139,19$ мкм, в контрольной – $386,93 \pm 140,92$ мкм. Максимальный диаметр (MHD_{max}) был близок в обеих группах: $718,39 \pm 286,17$ мкм в основной и $730,71 \pm 286,33$ мкм в контрольной. Высота макулярного отверстия составила $423,70 \pm 69,84$ мкм в основной группе и $388,29 \pm 43,06$ мкм в контрольной.

После операции наблюдалось значительное уменьшение ширины дефекта эллипсоидной зоны: с $1099,70 \pm 296,49$ до $484,04 \pm 311,05$ мкм ($p < 0,001$, Wilcoxon) в основной группе и с $935,91 \pm 305,93$ мкм до $609,10 \pm 463,92$ мкм ($p < 0,05$) в контрольной (табл. 6).

Также уменьшились размеры дефекта наружной пограничной мембраны: с $1135,15 \pm 337,40$ до $316,00 \pm 277,62$ мкм ($p < 0,001$) в основной и с $1029,36 \pm 360,08$ до $352,25 \pm 440,31$ мкм ($p < 0,05$) в контрольной группе (табл. 6).

Отдельно стоит отметить более выраженное сокращение данных параметров в основной группе, что может свидетельствовать о благоприятном влиянии PRP на регенерацию фоторецепторного слоя.

Минимальная толщина фовеа после операции в основной группе составила $196,76 \pm 47,63$ против $173,92 \pm 44,07$ мкм в контрольной ($p = 0,03$). Максимальная толщина по краю фовеа оказалась статистически значимо выше в основной группе – $337,45 \pm 34,11$ против $305,33 \pm 37,22$ мкм ($p = 0,01$), что может указывать на более полное восстановление архитектоники макулярной зоны при использовании PRP (рис. 4).

Таблица 6
Послеоперационные OCT-морфологические характеристики сетчатки пациентов основной и контрольной групп

Table 6
Postoperative OCT-morphological characteristics of the retina of patients in the main and control groups

| Показатель | Группа | До операции (M±SD) | После операции (M±SD) | p (до – после) |
|---------------------------------|-------------|--------------------|-----------------------|----------------|
| Дефект EZ (мкм) | Основная | 1099,7±296,5 | 484,0±311,1 | <0,001 |
| | Контрольная | 935,9±305,9 | 609,1±463,9 | 0,027 |
| Дефект ELM (мкм) | Основная | 1135,2±337,4 | 316,0±277,6 | <0,001 |
| | Контрольная | 1029,4±360,1 | 352,3±440,3 | 0,005 |
| Минимальная толщина фовеа (мкм) | Основная | – | 196,8±47,6 | – |
| | Контрольная | – | 173,9±44,1 | – |
| Максимальная толщина сетчатки | Основная | – | 337,5±34,1 | – |
| | Контрольная | – | 305,3±37,2 | – |

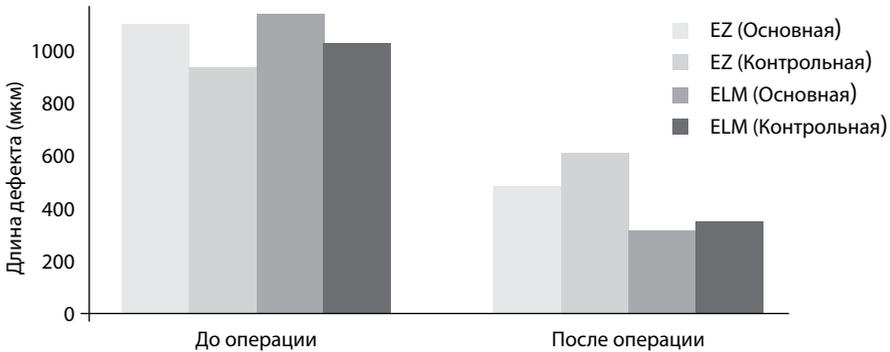


Рис. 3. Динамика уменьшения дефекта эллипсоидной зоны и наружной пограничной мембраны в основной и контрольной группах до и после операции (3 месяца)

Fig. 3. Dynamics of reduction of the defect of the ellipsoid zone and the external limiting membrane in the main and control groups before and after surgery (3 months)

Полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности применения PRP в хирургии ИМП, что согласуется с исследованиями наших коллег [24–26], особенно в отношении морфологического восстановления фоторецепторных и эпителиальных структур макулярной зоны. Улучшение функциональных показателей (НКОЗ и МКОЗ) оказалось статистически значимым в обеих группах, но морфологическая реконструкция (EZ, ELM, толщина фовеа) была более выраженной при применении PRP (рис. 4).

Это может быть связано в том числе и с биологическим действием факторов роста, содержащихся в PRP, на регенерацию нейросенсорных и глиальных структур сетчатки. Представленные результаты свидетельствуют о том, что использование PRP при хирургии макулярного разрыва не только безопасно, но и может способствовать более выраженному восстановлению архитектоники сетчатки, особенно

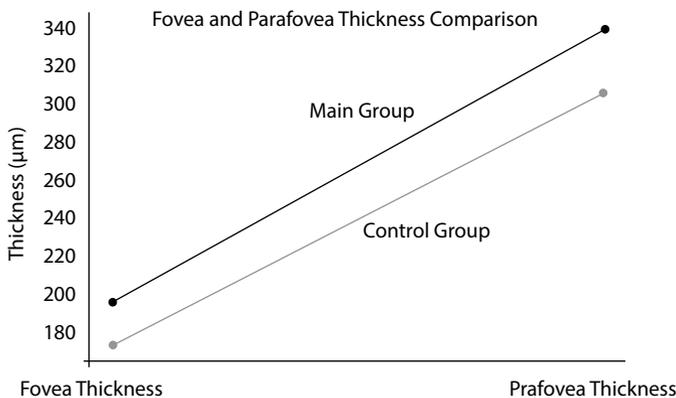


Рис. 4. Толщина сетчатки в центре fovea и по краю фовеолярной зоны в основной и контрольной группах после операции (3 месяца)

Fig. 4. Thickness of the retina in the center of the fovea and along the edge of the foveolar zone in the main and control groups after surgery (3 months)

в зоне наружных ретинальных слоев, что согласуется с мнением наших зарубежных коллег [18, 27]. Отсутствие статистически значимого преимущества по остроте зрения, вероятно, связано с гетерогенностью сроков заболевания, размером ИМР и индивидуальными особенностями нейросенсорного восстановления. Несмотря на отсутствие статистически значимых различий по большинству параметров, тенденция к более выраженной морфологической регенерации в основной группе указывает на потенциал данного метода. Полученные данные соответствуют современным представлениям о роли факторов роста, содержащихся в тромбоцитах, в стимулировании восстановления фоторецепторного слоя и ретинальной структуры в целом.

Для окончательной верификации этих результатов требуется дальнейшее накопление клинического материала и проведение многоцентровых исследований с большим объемом выборки и длительным периодом наблюдения.

Следует отметить, что интерпретация литературных данных о влиянии PRP на результаты хирургического лечения ретинальных дефектов достаточно затруднительна. Это связано, на наш взгляд, с тем, что авторами представлены различные методики выделения тромбоцитов. В том числе возраст и гендерная характеристика оперированных пациентов достаточно вариабельны. Общим результатом всех исследований является мнение авторов о положительном влиянии аутологичных продуктов крови на исходы их применения в ходе хирургического лечения макулярных дефектов.

Вследствие оценки результатов исследований сформировалось мнение об основных механизмах влияния PRP на устранение ретинальных дефектов. В первую очередь это свойство аутологичной плазмы формировать биологическую пленку, фиксирующую края разрыва и заполняющую дефект. Так, после введения плазмы, обогащенной тромбоцитами (PRP), в область макулярного дефекта происходит формирование тромбоцитарных конгломератов, структура которых стабилизируется за счет фибрина и адгезивных гликопротеинов [28].

Таким образом, после адгезии тромбоцитов к тканям и их агрегации происходит выброс содержимого альфа-гранул и стимуляция гемостаза. В результате каскада реакций, которые отвечают за свертывание крови, формируются сети волокон фибрина и происходит переход крови из жидкого состояния в желеобразное, что и обуславливает механическое стягивание краев дефектов фибриновой сеткой [29].

Агрегация тромбоцитов представляет собой процесс их взаимодействия между собой, а также с окружающими структурами поврежденной ткани. Ведущую роль в данном процессе играет рецептор GPIIb-IIIa (интегрин $\alpha IIb\beta 3$), обеспечивающий межклеточные связи. По мере распространения сигнала активации образуется плотный слой тромбоцитов, укрепленный фибриновой сеткой, что инициирует формирование первичной тромбоцитарной пробки. Фибриновые мономеры, сцепляясь между собой, образуют прочную полимерную сеть, которая менее подвержена разрушению фибринолитическими ферментами и устойчивее к механическим нагрузкам. Такая матрица не только выполняет механическую функцию, но и способствует клеточной миграции, улучшая репаративные процессы. Кроме того, она способствует сближению краев дефекта и предотвращает проникновение остатков стекловидного тела в зону макулярного разрыва [30, 31].



Также следует помнить, что терапевтический потенциал компонентов крови, включая плазму, в значительной степени обусловлен наличием в их составе биологически активных белков и факторов роста, способных активировать процессы восстановления и регенерации тканей. В контексте применения PRP (обогащенной активированными тромбоцитами плазмы) основное значение имеют такие молекулы, как тромбоцитарный фактор роста (PDGF), стимулирующий ангиогенез и синтез коллагена; фактор роста фибробластов (FGF), запускающий работу клеток, продуцирующих внеклеточный матрикс; трансформирующий фактор роста бета (TGF- β), участвующий в регуляции процессов заживления и репарации; эпидермальный фактор роста (EGF), обладающий схожими функциями с TGF- β , и фактор роста сосудистого эндотелия (VEGF), играющий ключевую роль в восстановлении сосудистой сети и обеспечении трофики регенерирующих тканей [32, 33].

Для объективной оценки тромбоцитарного пула было предложено использовать ряд показателей: общее количество тромбоцитов (PLT), долю незрелых форм (IPF), а также морфометрические параметры, отражающие уровень их активации – средний объем (MPV), вариабельность размеров (PDW) и долю крупных форм (P-LCR). Повышенные значения этих показателей свидетельствуют о преобладании метаболически активных и функционально зрелых тромбоцитов. Некоторые авторы предлагают использовать данные параметры для прогнозирования эффективности БотП в офтальмохирургии, включая патологию роговицы, глаукому и травматические повреждения [18].

Работа Лыкова А.П. и соавторов [34] продемонстрировала, что добавление PRP в комплексное лечение возрастной макулярной дегенерации способствует более выраженному восстановлению зрительных функций как в ближайшие сроки после вмешательства (на 15-е сутки), так и спустя 3 месяца в сравнении с контрольной группой, где применялась лишь хирургическая коррекция ($p \leq 0,05$). В рамках исследования были проанализированы уровни ряда медиаторов в аутологичной PRP, обогащенной лизатом тромбоцитов. Выявлены как провоспалительные (IL-1 β , TNF- α , IL-6, IL-8), так и противовоспалительные (IL-10) цитокины, а также ростовые факторы (Epo, PDGF-AB, IGF1, TGF β 1) и оксид азота. Особенно интересно, что уровень IL-6 и IL-8 находился в тесной корреляции ($R_s = 0,66$; $p \leq 0,05$), что указывает на активное участие воспалительных механизмов в иницировании репаративного каскада. Также было установлено, что с возрастом пациентов наблюдается достоверное снижение содержания тромбоцитов ($R_s = -0,77$; $p \leq 0,05$), вероятно, в связи с возрастной инволюцией гемопoэтической активности.

Данные литературы подтверждают поло- и возрастзависимый характер биологической активности плазмы, обогащенной тромбоцитами. Так, концентрации ключевых факторов (EGF, HGF, IGF1, PDGF-AB, PDGF-BB, TGF β 1, VEGF) статистически значимо выше у женщин моложе 25 лет [35].

Учитывая все вышесказанное, становится очевидным, что функциональная активность тромбоцитов представляет собой один из критически важных факторов, определяющих успех закрытия макулярных отверстий.

Интересно отметить, что исследование Burmeister S.L. et al. (2009) [36] показало сопоставимую эффективность использования замороженных и активированных тромбином тромбоцитов с таковой свежих клеток. Это, по мнению авторов, объясняется высоким содержанием факторов роста в активированной замороженной

субстанции и ее влиянием на активацию клеток Мюллера, вовлеченных в процессы регенерации.

Некоторые исследователи [37, 38] полагают, что тромбоциты способствуют закрытию макулярных отверстий посредством комплекса эффектов, связанных с высвобождением биологически активных молекул, индуцирующих сокращение отростков клеток Мюллера. Это сокращение способствует уменьшению диаметра отверстия, что особенно важно при его исходном размере менее 400 мкм, когда возможно самопроизвольное закрытие. Кроме того, восстановление фовеолярной структуры может происходить за счет как пролиферации нейроглиальных клеток и клеток пигментного эпителия, так и их смещения, направленного активностью клеток Мюллера.

В одном из наблюдений указывается на то, что у всех пациентов (19 из 19) послеоперационно достигнута полная анатомическая реконструкция фовеолярной зоны [39]. Включение PRP в хирургический протокол лечения макулярных отверстий позволяет добиться как морфологического, так и функционального улучшения. Кроме того, обсуждается и возможность профилактики формирования вторичного макулярного отверстия за счет стабилизирующего действия факторов роста, входящих в состав PRP. Это дает основания для пересмотра существующих подходов к лечению, в том числе в пользу более раннего вмешательства.

Ряд авторов [40–45] подчеркивают значение реактивности клеток Мюллера под влиянием высоких концентраций факторов роста, а также положительный эффект от использования криоконсервированных и активированных тромбоцитов в восстановлении анатомии фовеа.

Подводя итог вышеизложенного, можно утверждать, что для достижения устойчивого терапевтического эффекта при лечении ретинальных дефектов однократного применения PRP недостаточно: необходимо учитывать как качественные характеристики используемой субстанции (включая концентрацию факторов роста), так и индивидуальные особенности пациента – возраст, пол и тип активации тромбоцитов.

Продолжая рассуждение о целесообразности хирургического лечения ИМР, согласно данным ряда исследований, в клинической практике описаны случаи самопроизвольного закрытия макулярных разрывов. В одном из обзоров [46] сообщается об анализе 68 глаз, у которых было зафиксировано спонтанное закрытие макулярного дефекта (около 3% от всей исследуемой выборки). Примечательно, что большинство пациентов составляли женщины (62%), а средний возраст пациентов на момент наблюдения был 67,5 года. После спонтанного закрытия показатели остроты зрения улучшились с 20/78 до 20/33 по шкале Снеллена. Средний размер дефекта составлял около 176,8 мкм, при этом максимальный диаметр достигал 350 мкм. В ряде других работ частота самопроизвольного закрытия варьировала от 3 до 15%. Отверстия, размер которых не превышал 250 мкм, закрывались значительно чаще (22,2%) по сравнению с более крупными дефектами: от 250 до 400 мкм (13,3%) и более 400 мкм (0%). Предполагается, что положительный визуальный исход напрямую связан с активным участием глиальных клеток, в частности клеток Мюллера, в процессе восстановления анатомической целостности. Это подтверждали и авторы другого исследования [47], предлагая гипотезу, согласно которой основную роль в спонтанном закрытии макулярных отверстий



играет не столько отслоение задней гиалоидной мембраны, сколько участие глиальных элементов, особенно клеток Мюллера. По мнению авторов, именно эти клетки обладают потенциалом к структурной реконструкции в отличие от терминально дифференцированных нейросенсорных клеток сетчатки и клеток пигментного эпителия.

В клинической работе [48] представлены данные о 31 глазе (9,2%), у которых было зафиксировано самопроизвольное закрытие макулярного дефекта в среднем спустя 44 дня после постановки диагноза. У этих пациентов отмечались лучшие исходные показатели максимальной корригированной остроты зрения (BCVA), а также меньший диаметр отверстий (оба показателя с достоверной статистической значимостью, $p < 0,0001$). Эти наблюдения позволяют авторам осторожно предположить, что у определенной категории пациентов с малыми по размеру разрывами возможно первоначальное динамическое наблюдение без немедленного хирургического вмешательства.

С данной точкой зрения трудно не согласиться. Вероятно, при небольших макулярных дефектах может быть целесообразным применение аутологичной плазмы, обогащенной тромбоцитами (PRP), до проведения витреоретинальной хирургии. Систематическое наблюдение за такими пациентами позволит объективно оценить эффективность подобного подхода и, возможно, определить критерии отбора лиц, которым показано предварительное PRP-лечение.

■ ВЫВОДЫ

1. Применение PRP при хирургии макулярных разрывов обеспечивает высокую анатомическую эффективность и более выраженное улучшение зрительных функций: в основной группе прирост НКОЗ и МКОЗ был статистически значимым и превышал показатели контрольной группы; послеоперационные значения НКОЗ были достоверно выше ($p = 0,049$).
2. Рефракционные изменения после комбинированной хирургии различались: в основной группе – сдвиг в сторону миопии ($-0,48 \pm 1,03$ D), в контрольной – в сторону гиперметропии ($+0,27 \pm 0,51$ D), с достоверной разницей между группами ($p = 0,019$; $p = 0,024$). Цилиндрическая рефракция увеличивалась в обеих группах без статистически значимых различий, что важно учитывать при подборе целевой рефракции и типа ИОЛ.
3. Послеоперационное ВГД колебалось с возвратом к исходным значениям через 2 недели и умеренным повышением к концу месяца ($18,59 \pm 4,79$ мм рт. ст.) предположительно из-за применения стероидов и газовой тампонады. Суммарное поле зрения снизилось до $457,17 \pm 26,07^\circ$ с меньшей вариабельностью между пациентами.
4. В группе PRP отмечено достоверное сокращение дефектов эллипсоидной зоны (с $1099,70 \pm 296,49$ до $484,04 \pm 311,05$ мкм, $p < 0,001$) и наружной пограничной мембраны (с $1135,15 \pm 337,40$ до $316,00 \pm 277,62$ мкм, $p < 0,001$), а также большей сформированной минимальной толщины фовеа ($196,76 \pm 47,63$ мкм против $173,92 \pm 44,07$ мкм, $p = 0,03$) и максимальной толщины по ее краю ($337,45 \pm 34,11$ мкм против $305,33 \pm 37,22$ мкм, $p = 0,01$), что может свидетельствовать о положительном влиянии PRP на анатомическое восстановление центральной зоны сетчатки.

5. Методика комбинированной хирургии макулярного разрыва с использованием обогащенной активированными тромбоцитами плазмы (PRP) крови безопасна, легко воспроизводима и может быть рекомендована как дополнение к стандартной витреоретинальной хирургии макулярных разрывов.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Alpatov S.A., Shchuko A.G., Malyshov V.V. *Pathogenesis and treatment of idiopathic macular holes*. Novosibirsk: Nauka; 2005. 192 p.
2. Shkvorchenko D.O., Khoroshilova-Maslova I.P., Andreeva L.D., et al. Surgical treatment of idiopathic holes with removal of the internal limiting membrane of the retina. In: *Modern technologies for the treatment of vitreoretinal pathology: Coll. scientific. articles*. M.; 2002. P. 338–346.
3. Gupta D. Face-down posturing after macular hole surgery. A review. *Retina*. 2009;29(4):430–443.
4. Jančo L., Vida R., Bartoš M., et al. Surgical treatment of the idiopathic macular hole – our experience. *Cesk Slov Oftalmol*. 2013;69(3):102–105.
5. Alpatov S.A., Shchuko A.G., Malyshov A.A. *Pathogenesis in the treatment of idiopathic macular holes*. Novosibirsk: Science; 2005. 192 p. (in Russian)
6. Shpak A.A., Shkvorchenko D.O., Sharafetdinov I.K. Predicting the results of surgical treatment of idiopathic macular hole. *Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery = Oftalmohirurgiya*. 2015;2:55–61. doi: 10.25276/0235-4160-2015-2-55-61. (in Russian)
7. Bely Yu.A., Tereshchenko A.V., Shkvorchenko D.O., et al. Surgical treatment of large idiopathic macular holes. *Practical Medicine*. 2015;(2):119–123.
8. Stolyarenko G.E., Savostyanova N.V., Levkovets V.E. How to simultaneously fight for a functional result and think about a way out of a possible confusion in primary surgery of a through macular hole. *The World of Ophthalmology*. 2016;3(29):4–5.
9. Duker J.S., Kaiser P.K., Binder S., et al. The International Vitreomacular Traction Study Group classification of vitreomacular adhesion, traction, and macular hole. *Ophthalmology*. 2013;120(12):2611–2619.
10. Michalewska Z., Michalewski J., Adelman R., et al. Inverted internal limiting membrane flap technique for large macular holes. *Ophthalmology*. 2010;117(10):2018–2025.
11. Michalewska Z., Michalewski J., Dulczewska-Cichecka K., et al. Inverted internal limiting membrane flap technique for surgical repair of myopic macular holes. *Retina*. 2014;34(4):664–669.
12. Charles S., Randolph J.C., Neekhra A., Salisburry C.D., Littlejohn N., Calzada J.I. Arcuate retinotomy for the repair of large macular holes. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina*. 2013 Jan-Feb;44(1):69–72. doi: 10.3928/23258160-20121221-15
13. Meyer C.H., Szurman P., Haritoglou C., Maier M., Wolf A., Lytvynchuk L., Priglinger S., Hillenkamp J., Wachtlin J., Becker M., Mennel S., Koss M.J. Application of subretinal fluid to close refractory full thickness macular holes: treatment strategies and primary outcome: APOSTEL study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2020 Oct;258(10):2151–2161. doi: 10.1007/s00417-020-04735-3
14. Frisina R., Tozzi L., Sabella P., Cacciatori M., Midena E. Surgically Induced Macular Detachment for Treatment of Refractory Full-Thickness Macular Hole: Anatomical and Functional Results. *Ophthalmologica*. 2019;242(2):98–105. doi: 10.1159/000500573
15. Shkvorchenko D.O., Zakharov V.D., Shpak A.A. Our experience of using platelet-rich blood plasma in macular hole surgery. *Modern technologies in ophthalmology*. 2016;1(9):245–246.
16. Arsyutov D.G. Surgical treatment of non-exudative forms of central chorioretinal dystrophy of the retina using autologous blood plasma with an increased platelet content (PRP mass). *Modern technologies in ophthalmology*. 2017;1(14):24–27.
17. Ivanov S.V., Gilyazev R.M., Konovalov M.E. The first experience of using autologous plasma rich in platelets (PRP) in macular hole surgery. *East-West perspective*. 2017;2:95–97.
18. Kazaykin V.N., Demchenko N.S., Kleimenov A.Yu. Optimization of Platelet-Rich Plasma Fraction Selection for Surgical Treatment of Macular Holes. *Ophthalmology in Russia*. 2023;20(4):664–674. doi: 10.18008/1816-5095-2023-4-664-674. (in Russian)
19. Loshkareva A.O., Maychuk D.Yu. Use of platelet-rich plasma in patients with chronic corneal erosions. *Modern technologies in ophthalmology*. 2016;4:131–132.
20. Arbenyeva N.S., Bratko V.I., Bratko G.V., Trunov A.N., Poveshchenko O.V., Chernykh V.V. Results of the use of autologous platelet-rich plasma as part of a complex treatment regimen for uveitis associated with systemic diseases, accompanied by macular edema. *Ophthalmosurgery*. 2020;2:20–25.
21. Fayzrakhmanov R.R. The method of closing macular holes with partial preservation of the internal limiting membrane. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2020;136(1):73–79. doi: 10.17116/oftalma202013601173. (in Russian, in English)
22. Shkvorchenko D.O., Zakharov V.D., Krupina E.A., Pismenskaya V.A., Kakunina S.A., Normann K.S., Petersen E.V. Surgical treatment of primary macular hole using platelet-rich blood plasma. *Ophthalmosurgery*. 2017;3:27–30.
23. Stebnev V.S., Malov V.M., Stebnev S.D. Results of one-stage combined surgical treatment of patients with cataract and idiopathic macular hole. *Bulletin of OSU*. 2013 April;4(153):246–249.
24. Chuprov A.D., Lopukhina E.A., Kazeinov A.N. Experience of surgical treatment of macular holes using autologous platelet-rich plasma (PRP) (first clinical results). *Ophthalmology*. 2017;2(9):247–249.
25. Gaudric A., Massin P., Paques M., Santiago P.Y., Guez J.E., Le Gargasson J.F., Mundler O., Drouet L. Autologous platelet concentrate for the treatment of full-thickness macular holes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 1995 Sep;233(9):549–54. PMID: 8543204. doi: 10.1007/BF00404704
26. Arsyutov D.G. Use of autologous conditioned plasma in surgery of the cicatricial stage of subretinal neovascular membrane. *Saratov Scientific Medical Journal*. 2020;16(2):569–572.
27. Hagenau F., Osterode E.V., Klaas J.E., Vogt D., Keidel L.F., Schworm B., Siedlecki J., Mayer W.J., Kreutzer T.C., Priglinger S.G. Long-Term Results of Adjunct Autologous Platelet-Rich Plasma in Lamellar Macular Hole Surgery Showing Lasting Restoration of Foveal Anatomy. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023;24(5):4589. doi: 10.3390/ijms24054589
28. Aristeidis Konstantinidis, Mark Hero, Panagiotis Nanos, Georgios D Panos. Efficacy of autologous platelets in macular hole surgery. *Klin Ophthalmol*. 2013;7:745–50.
29. Susanne L Burmeister, Dirk Hartwig, G Astrid Limb, Claudia Kremling, Hans Hoerauf, Maya Müller, Gerd Geerling Effect of various platelet preparations on retinal muller cells. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2009 Oct;50(10):4881–6.



30. Anubhav Garg, Brian G Ballios, Peng Yan. Spontaneous Closure of an Idiopathic Full-Thickness Macular Hole: A Literature Review. *J Vitreoretin Dis.* 2021 Oct 24;6(5):381–390.
31. Okubo A, Unoki K, Yamakiri K. Early structural changes during spontaneous closure of idiopathic full-thickness macular hole determined by optical coherence tomography: a case report. *BMC Res Notes.* 2013;6(1):396.
32. Achkasov EE, Bezuglov EN, Ulyanov AA, Kurshev VV, Repetyuk AD, Egorova ON. Use of autologous plasma enriched with platelets in clinical practice. *Biomedicine.* 2013;4:46–59.
33. Potapnev MP, et al. Blood plasma enriched with soluble platelet factors: production, standardization, medical use. *Healthcare.* 2018;10:38–44.
34. Lykov A.P., Poveshchenk O.V., Surovtseva M.A., Stanishevskaya O.M., Chernykh D.V., Arben'eva N.S., Bratko V.I. Autologous Plasma Enriched with Platelet Lysate for the Treatment of Idiopathic Age-Related Macular Degeneration: A Prospective Study. *Annals of the Russian academy of medical sciences.* 2018;73(1):40–48. doi: 10.15690/vramn932
35. Evanson JR, Guyton MK, Oliver DL, et al. Gender and age differences in growth factor concentrations from platelet-rich plasma in adults. *Mil Med.* 2014;179(7):799–805.
36. Burmeister S.L., Hartwig D., Limb G.A., Kremling C., Hoerauf H., Müller M., Geerling G. Effect of various platelet preparations on retinal muller cells. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2009;50:4881–4886.
37. Bringmann A, Jochmann C, Unterlauff JD, Wiedemann R, Rehak M, Wiedemann P. Different modes of foveal regeneration after closure of full-thickness macular holes by (re)vitrectomy and autologous platelet concentrate. *Int J Ophthalmol.* 2020 Jan 18;13(1):36–48. PMID: 31956568. PMID: PMC6942947. doi: 10.18240/ijo.2020.01.06
38. Gelomini F, D'antico S, Ricardi F, Parisi G, Borrelli E, Marolo P, Conte F, Salafia M, Reibaldi M. Platelet concentrates in macular hole surgery. A journey through the labyrinth of terminology, preparation, and application: a comprehensive review. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2024 Aug;262(8):2365–2388. Epub 2024 Jan 25. PMID: 38270630. PMID: PMC11271331. doi: 10.1007/s00417-023-06365-x
39. Hagenau F, Osterode EV, Klaas JE, Vogt D, Keidel LF, Schworm B, Siedlecki J, Mayer WJ, Kreutzer TC, Priglinger SG. Long-Term Results of Adjunct Autologous Platelet-Rich Plasma in Lamellar Macular Hole Surgery Showing Lasting Restoration of Foveal Anatomy. *International Journal of Molecular Sciences.* 2023;24(5):4589. doi: 10.3390/ijms24054589
40. Hagenau F, Luft N, Nobl M, Vogt D, Klaas JE, Schworm B, Siedlecki J, Kreutzer TC, Priglinger SG. Improving morphological outcome in lamellar macular hole surgery by using highly concentrated autologous platelet-rich plasma. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2022 May;260(5):1517–1524. Epub 2021 Dec 6. PMID: 34870734; PMID: PMC9007791. doi: 10.1007/s00417-021-05486-5
41. De Giacinto C, Pastore MR, Cirigliano G, Tognetto D. Macular Hole in Myopic Eyes: A Narrative Review of the Current Surgical Techniques. *J Ophthalmol.* 2019 Mar 11;2019:3230695. doi: 10.1155/2019/3230695. PMID: 30984418; PMID: PMC6432738.
42. Bikbova G, Oshitari T, Baba T, Yamamoto S, Mori K. Pathogenesis and Management of Macular Hole: Review of Current Advances. *J Ophthalmol.* 2019 May 2;2019:3467381. doi: 10.1155/2019/3467381. PMID: 31191994; PMID: PMC6525843.
43. Bringmann A, Jochmann C, Unterlauff JD, Wiedemann R, Rehak M, Wiedemann P. Different modes of foveal regeneration after closure of full-thickness macular holes by (re)vitrectomy and autologous platelet concentrate. *Int J Ophthalmol.* 2020 Jan 18;13(1):36–48. doi: 10.18240/ijo.2020.01.06. PMID: 31956568; PMID: PMC6942947.
44. Aristeidis Konstantinidis, Mark Hero, Panagiotis Nanos, Georgios D Panos. Efficacy of autologous platelets in macular hole surgery. *Klin Ophthalmol.* 2013;7:745–50.
45. Susanne L Burmeister, Dirk Hartwig, G Astrid Limb, Claudia Kremling, Hans Hoerauf, Maya Müller, Gerd Geerling Effect of various platelet preparations on retinal muller cells. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2009 Oct;50(10):4881–6.
46. Anubhav Garg, Brian G Ballios, Peng Yan. Spontaneous Closure of an Idiopathic Full-Thickness Macular Hole: A Literature Review. *J Vitreoretin Dis.* 2021 Oct 24;6(5):381–390.
47. Okubo A, Unoki K, Yamakiri K. Early structural changes during spontaneous closure of idiopathic full-thickness macular hole determined by optical coherence tomography: a case report. *BMC Res Notes.* 2013;6(1):396.
48. Neubauer J, Gelisken F, Ozturk T, Bartz-Schmidt KU, Dimopoulos S The time course of spontaneous closure of idiopathic full-thickness macular holes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2024 Sep;262(9):2859–2865.



Юсупов А.А., Хамидова Ф.М. ✉, Насретдинова М.Т., Василенко А.В.
Самаркандский государственный медицинский университет, Самарканд, Узбекистан

Наши наблюдения за особенностями синдрома сухого глаза в условиях континентального климата Узбекистана и его взаимосвязи с атрофическим ринитом

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: научное руководство – Юсупов А.А., Насретдинова М.Т.; редактирование – Юсупов А.А.; дизайн исследования – Василенко А.В.; обзор литературы, подбор и анализ данных – Хамидова Ф.М.

Подана: 23.05.2025

Принята: 08.09.2025

Контакты: fkhamidova75@mail.ru

Резюме

Введение. Очевидно, что климатические факторы играют немалую роль в развитии сухости слизистых оболочек. Юго-запад Узбекистана является благоприятным регионом для наблюдения данной категории пациентов в связи с климатическими особенностями: продолжительным, жарким и засушливым летом, высокой запыленностью воздуха, мощной инсоляцией, малым среднегодовым количеством осадков, резкими перепадами температур. Влияние этих факторов на слизистые оболочки человека, которые контактируют с внешней средой, приводит к различной патологии как верхних дыхательных путей, так и глаза. Изучение ранней диагностики заболеваний, связанных с атрофическими процессами верхних дыхательных путей, а также их влияния на микробиотический состав полости носа и их патогенетического значения является крайне актуальной темой исследования.

Цель. Изучение взаимосвязи между синдромом сухого глаза (ССГ) и атрофическим ринитом.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 54 пациента (108 глаз), разделенные на 2 группы: основную (28 пациентов с атрофическим ринитом) и контрольную (26 пациентов с ССГ без ринита). Использовались офтальмологические методы диагностики: тест Норна, проба Ширмера, определение индекса сухости глаза по опроснику OSDI, мейбография и ОКТ-менискометрия.

Результаты. В основной группе время разрыва слезной пленки было значительно ниже (в среднем 5,6 с против 6,6 с в контрольной группе, $p < 0,001$). Тест Ширмера показал сходные результаты в обеих группах ($p > 0,05$), указывая на отсутствие значительных различий в слезопродукции. По опроснику OSDI, выраженность субъективных жалоб была выше в основной группе (30,2 балла против 25,5; $p < 0,001$). Мейбография выявила более выраженные изменения структуры мейбомиевых желез в основной группе, однако статистическая значимость различий отсутствовала ($p > 0,05$). ОКТ-менискометрия показала снижение высоты слезного мениска и угла смачивания роговицы в основной группе.



Заключение. У пациентов с атрофическим ринитом выявлены значительные нарушения стабильности слезной пленки и более выраженные субъективные жалобы на сухость глаз. Это подтверждает патогенетическую связь между атрофическим ринитом и ССГ и требует междисциплинарного подхода в диагностике и лечении данных состояний.

Ключевые слова: синдром сухого глаза, атрофический ринит, стабильность слезной пленки, дисфункция мейбомиевых желез

Yusupov A., Khamidova F. ✉, Nasretdinova M., Vasilenko A.
Samarkand State Medical University, Samarkand, Uzbekistan

Our Observations on the Features of Dry Eye Syndrome in the Continental Climate of Uzbekistan and its Relationship with Atrophic Rhinitis

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: the concept and design of research – Yusupov A.; collecting material, processing, writing text – Khamidova F.; the concept and design of research – Nasretdinova M.; design of research, editing, processing, writing text – Vasilenko A.

Submitted: 23.05.2025

Accepted: 08.09.2025

Contacts: fkhamidova75@mail.ru

Abstract

Introduction. It is obvious that climatic factors play a significant role in the development of dry mucous membranes. The southwest of Uzbekistan is a favorable region for observing this category of patients due to climatic features: long, hot and dry summers, high air dustiness, strong insolation, low average annual precipitation, sharp temperature changes. The influence of these factors on the human mucous membranes that are in contact with the external environment leads to various pathologies of both the upper respiratory tract and the eye. The study of early diagnostics of diseases associated with atrophic processes of the upper respiratory tract, as well as their influence on the microbiotic composition of the nasal cavity and their pathogenetic significance is an extremely relevant research topic.

Purpose. To study the relationship between dry eye syndrome (DES) and atrophic rhinitis.

Materials and methods. The study included 54 patients (108 eyes), divided into two groups: the main group (28 patients with atrophic rhinitis) and the control group (26 patients with DES without rhinitis). The diagnostic methods included the Norn test, Schirmer test, OSDI, meibography, and OCT meniscometry.

Results. The tear film breakup time was significantly lower in the main group (mean 5.6 vs. 6.6 s in the control group, $p < 0.001$). The Schirmer test showed similar results in both groups ($p > 0.05$), indicating no significant differences in tear production. The OSDI questionnaire demonstrated a higher severity of subjective complaints in the main group (30.2 points vs. 25.5, $p < 0.001$). Meibography revealed more pronounced changes in the structure of the meibomian glands in the main group, but the differences were not

statistically significant ($p > 0.05$). OCT meniscometry showed a decrease in tear meniscus height and corneal wettability angle in the main group.

Conclusion. Patients with atrophic rhinitis exhibit significant tear film instability and more severe subjective symptoms of dry eye. This confirms the pathogenetic link between atrophic rhinitis and DES, highlighting the need for an interdisciplinary approach to diagnosis and treatment.

Keywords: dry eye syndrome, atrophic rhinitis, tear film stability, meibomian gland dysfunction

■ ВВЕДЕНИЕ

В последнее время в мировой литературе по клинической офтальмологии не-малое внимание уделяется состоянию глазной поверхности, а именно сухости глаза. Очевидно, что климатические факторы играют немалую роль в развитии сухости слизистых оболочек [1, 3, 11]. Это показывают и наши собственные наблюдения, осуществляемые в условиях континентального климата Средней Азии с резкими перепадами температур, низкой среднегодовой влажностью воздуха, его запыленностью. Схожие наблюдения имеются и у врачей-отоларингологов. Приводятся данные, способствующие возникновению сухого атрофического ринита [2, 7, 10, 12].

Юго-запад Узбекистана является благоприятным местом для наблюдения данной категории пациентов в связи с климатическими особенностями: продолжительным жарким и засушливым летом, высокой запыленностью воздуха, мощной инсоляцией, малым среднегодовым количеством осадков, резкими перепадами температур. Влияние этих факторов на слизистые оболочки человека, которые контактируют с внешней средой, приводит к различной патологии верхних дыхательных путей, а в особенности глаза. Созданы специализированные международные сообщества, например TFOS – международное сообщество, изучающее проблемы поверхности глаза и слезной пленки [11, 12].

Применение различных обогревателей, кондиционирование воздуха в офисах, изменение климата и экологии, применение компьютеров и других гаджетов, использование контактных линз, глазных капель с консервантами, эндокринные дисфункции, аллергические и вирусные конъюнктивиты и блефариты, систематическое использование медицинских препаратов хрониками при различных заболеваниях также могут послужить причиной развития синдрома сухого глаза [6–8].

В 2007 г. Международный комитет по ССГ (International Dry Eye Workshop – DEWS) выделил в развитии заболевания 3 основных постулата:

1. Многофакторность этиологии заболевания.
2. Вероятность взаимодействия любых форм ССГ и усиления друг друга, что образует замкнутый круг. В звеньях патогенеза ССГ ведущая роль отведена гиперосмолярности и воспалению.
3. Рациональная фармакотерапия ССГ в зависимости от тяжести заболевания [2, 3].

В 2017 г. это сообщество объявило синдром сухого глаза отдельным заболеванием, требующим специального лечения. По данным этого сообщества, эпидемиологические данные таковы, что болезнь сухого глаза встречается у миллионов людей и требует грамотного подхода к медикаментозной коррекции.



Воспалительные заболевания носа, его околоносовых пазух этиологически могут быть обусловлены в подобных климатических условиях указанными выше воздействиями, что отражается на характере течения заболевания [4, 6]. Исследования показали, что особенностью синуситов в условиях Узбекистана является значительная частота гнойно-атрофической формы синусита. Большинство авторов, описывающих клиническую картину атрофического синусита, отмечают влияние неблагоприятных климатических условий на этиологию и течение данной формы заболевания [7, 9].

Частота различных осложнений среди пациентов, страдающих атрофическим ринитом (сухостью слизистой оболочки носа), продолжает расти. Несмотря на то, что в настоящее время хронический атрофический ринит и его различные осложнения лечатся на основе международных стандартов, колебания эффективности лечения от 3,5 до 25% подтверждаются многими авторами [2, 6].

В настоящее время в нашей стране ведутся научные исследования, направленные на раннюю диагностику и профилактику хронического ринита. В этих исследованиях рассматриваются диагностические проблемы атрофических процессов в полости носа, связанные с нейроэндокринными поражениями и условиями социальной и трудовой деятельности. Решение этих проблем, связанных со здоровьем человека, будет способствовать улучшению состояния здоровья населения [6–9].

Исходя из этого, изучение ранней диагностики заболеваний, связанных с атрофическими процессами верхних дыхательных путей, а также их влияния на микробиотический состав полости носа и их патогенетического значения является крайне актуальной темой исследования. До настоящего времени патогенез заболевания не был полностью изучен, из-за чего не существовало его эффективной терапии.

Как известно, полость носа увлажняется за счет секреции бокаловидных клеток и желез слизистой оболочки. Бокаловидные клетки выделяют слизь, которая удерживает влагу и защищает слизистую от пересыхания. Кроме того, слизистые железы выделяют водянистый секрет, который поддерживает гидратацию. Определенную роль играет физиологическое испарение и конденсация влаги: вдыхаемый воздух насыщается влагой за счет испарения жидкости из слизистой оболочки. Также выдыхаемый воздух отдает часть влаги обратно слизистой за счет конденсации [2, 8].

Определенная роль отводится кровоснабжению слизистой оболочки: богатая сосудистая сеть на слизистой, включая кавернозные сплетения, помогает поддерживать влажность, выделяя секрет в полость носа. Принято считать, что слезная жидкость может участвовать в увлажнении полости носа, однако основной вклад в увлажнение носа, по мнению большинства отоларингологов, в нормальных условиях вносит собственная секреция желез слизистой оболочки [5, 7].

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Установить взаимосвязь между атрофическим ринитом и синдромом сухого глаза.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Всего наблюдением было охвачено 54 пациента (108 глаз), которые были распределены на 2 группы: основную и контрольную. В основную группу вошли 28 пациентов (56 глаз) с подтвержденным диагнозом атрофического (сухого) ринита,

а в контрольную группу – 26 пациентов (52 глаза) с признаками ССГ. Для исследования применялись общепринятые офтальмологические методы, а также пробы Норна, Ширмера, мейбография, менискометрия, а также проводилось анкетирование пациентов по тесту-опроснику OSDI (индекс сухости глаза).

Пробу Норна выполняли на щелевой лампе с кобальтовым фильтром после окрашивания поверхности глаза флюоресцеином. Для этого использовали тест-полоски Fluoro Touch (Madhu instruments Pvt. Ltd, India). Предварительно, до введения флюоресцеиновых тест-полосок в нижний конъюнктивальный свод, их увлажняли с помощью офтальмолубриканта. Затем смоченную полоску вводили в конъюнктивальный свод и оставляли примерно на 5 с. Далее пациента просили несколько раз моргнуть, затем широко открыть глаза, смотреть прямо и не моргать. В это время включали секундомер и с помощью щелевой лампы при фокальном освещении с кобальтосиним фильтром наблюдали за окрашенной поверхностью роговицы и определяли место, где в ней возникали дефекты (пятна, трещины или дырки). Время от начала исследования до появления дефектов оценивали как время разрыва слезной пленки. За норму считали показатель времени больше 10 с, за незначительное снижение принималось 5–10 с, и резким снижением считался показатель менее 5 с.

Для определения уровня продукции водной фазы слезы проводили тест Ширмера. Полоски фильтровальной бумаги специализированные OpStrip (Ophtechncis Unlimited, India) сгибали на маркированном конце и помещали в нижний конъюнктивальный свод за край нижнего века ближе к наружному углу глаза, после этого пациент закрывал глаза на 5 мин. Через 5 мин доставали тестовые полоски и оценивали результаты. За норму считали показатель 15 мм и более за 5 мин, незначительной недостаточностью слезной жидкости считалось 10–15 мм, выраженной недостаточностью – от 5 до 10 мм и тяжелой недостаточностью слезы – показатель менее 5 мм за 5 мин.

Тест-опросник OSDI использовался по общепринятым правилам. Тест состоит из 12 вопросов, разделенных на 3 категории: зрительные симптомы (ощущение песка, жжение, светобоязнь и т. д.), проблемы с функциональной активностью (затруднения при чтении, вождении, работе за компьютером) и окружающие условия (ухудшение симптомов в ветреную погоду, в кондиционируемых помещениях и т. д.). Пациент самостоятельно заполнял анкету или отвечал на вопросы устно. Оценка проводилась по 5-балльной шкале: 0 – никогда; 1 – редко; 2 – иногда; 3 – часто; 4 – постоянно. Если пациент не сталкивался с какой-либо ситуацией (например, не водит машину), этот вопрос исключался из подсчета. Расчет индекса по опроснику OSDI производился для каждого пациента по следующей формуле: $OSDI = (\text{количество баллов за ответы}) \times 25 / \text{количество заданных вопросов}$. Полученный индекс отражает степень выраженности проявлений ССГ: 0–12 баллов – нет проявлений ССГ; 13–22 балла – слабо выраженный ССГ; 23–32 балла – ССГ умеренной степени; 33–100 баллов – ССГ тяжелой степени.

Характеристика нижнего слезного мениска оценивалась по данным оптической когерентной томографии (ОКТ-менискометрия), которая была выполнена на оптическом когерентном томографе Sirius HD-ОСТ Spectral Domain Technology с измерением высоты нижнего слезного мениска, а также угла смачивания роговицы. При проведении обследования пациент садился перед ОКТ-сканером и фиксировал взгляд на метке фиксации. Пациента просили не моргать в течение нескольких секунд для



Мейбография верхнего и нижнего века у пациента М. с ССГ и атрофическим ринитом
Meibography of the upper and lower eyelids in patient M. with dry eye syndrome and atrophic rhinitis

получения качественного изображения. Если пациент носит контактные линзы, их снимали за несколько часов до исследования, чтобы избежать искажения результатов. ОКТ-сканирование проводилось в области нижнего слезного мениска, так как именно здесь наиболее полно отражается состояние слезной пленки.

Мейбография проводилась на автоматическом рефрактометре (Huvitz auto tono refracto kerato pachymeter) (см. рисунок). Пациент сидел перед прибором, фиксируя взгляд. Верхнее веко аккуратно выворачивалось, чтобы визуализировать железы. Снимки получали при инфракрасном освещении (~840 нм), анализ проводился отдельно для верхнего и нижнего века. Осуществлялась оценка длины, непрерывности и исчезновения желез. Для анализа учитывались следующие параметры: общая площадь желез (MG%) – сколько мейбомиевых желез осталось относительно нормы; форма и целостность – есть ли извитость, укорочение или пробелы; области атрофии – зоны полного исчезновения желез. Степень поражения мейбомиевых желез делили на 4 степени (по Arita et al., 2010). За норму считали, если атрофия желез составляет менее 25% и не имеется клинических проявлений. 1-я – легкая степень поражения: утрата желез 25–33%, клинические симптомы – незначительная сухость,

Таблица 1
Основные показатели состояния глазной поверхности у пациентов основной группы
Table 1
Main indicators of ocular surface condition in patients of the main group

| Степень выраженности признаков | Время разрыва слезной пленки (проба Норна) (n=56) | Результат пробы Ширмера (n=56) | По опроснику OSDI (n=56) | Мейбография (n=56) |
|---------------------------------------|---|--------------------------------|--------------------------------|--------------------|
| Легкая степень | 10 (17,9%) 8–10 с | 11 (19,6%) 10–15 мм | 16 (28,6%) 13–22 балла | 6 (10,7%) |
| Средняя степень | 32 (57,1%) 5–7 с | 22 (39,3%) 5–10 мм | 23 (41,1%) 23–32 балла | 21 (37,5%) |
| Выраженная и резко выраженная степени | 14 (25%) менее 5 с | 23 (41,1%) менее 5 мм | 17 (30,4%) 33 балла и более | 29 (51,8%) |
| В среднем | 5,6 с | 8,6 мм | 30,2 балла | 24 (43,9%) |

нестабильность слезной пленки; 2-я – умеренная степень: атрофия желез 33–67% и наблюдается покраснение век, периодический дискомфорт; 3-я – тяжелая степень: утрата желез более 67%, из клинических симптомов наблюдаются выраженная сухость, жжение, ощущение инородного тела.

В табл. 1 указаны основные результаты вышеуказанных методов исследования основной группы, в которую входило 28 пациентов (56 глаз).

■ РЕЗУЛЬТАТЫ

В ходе исследования проведена оценка значимости различий средних показателей синдрома сухого глаза (ССГ) в основной группе пациентов (28 пациентов, 56 глаз) и контрольной группе (26 пациентов, 52 глаза) с использованием объективных методов диагностики. Анализ включал показатели теста Норна (время разрыва слезной пленки), тест Ширмера, оценку выраженности симптомов по опроснику OSDI, данные мейбографии мейбомиевых желез и параметры нижнего слезного мениска по данным ОКТ.

В основной группе (56 глаз) наблюдалось значительное снижение стабильности слезной пленки (тест Норна). Среднее значение составило 5,6 с. Так, у 10 (17,9%) пациентов наблюдалась легкая степень снижения времени разрыва слезной пленки, у 32 (57,1%) пациентов была средняя степень, и у 14 (25,0%) пациентов мы наблюдали выраженную степень нарушения стабильности слезной пленки.

Результаты теста Ширмера показали, что в основной группе наблюдается больше пациентов с худшими результатами слезопродуцирования. У 23 пациентов (41,1%) тест-полоски Ширмера смачивались на 5 мм и менее, что указывает на выраженную степень нарушения продукции слезы. Средняя степень нарушения слезопродукции наблюдалась у 22 (39,3%) пациентов, и легкую степень составили 11 (19,6%) пациентов. Среднее значение – 8,6 мм.

Оценка симптомов по опроснику индекса сухости глаза (OSDI) указывала на то, что большинство пациентов из этой группы ощущают значительно выраженные симптомы сухого глаза. Средний балл в основной группе по вопроснику составил 30,2, что указывает на среднюю степень выраженности симптомов сухого глаза. 16 пациентов (28,6%) получили 13–22 балла, 23 пациента (41,1%) – 23–32 балла, и у 17 пациентов (30,4%) получилось более 33 баллов, что свидетельствует о значительной степени выраженности симптомов.

При оценке результатов мейбографии легкая степень утраты структуры мейбомиевых желез установлена на 6 глазах (10,7%), средняя степень – на 21 глазу (37,5%), выраженная и резко выраженная степени – на 29 глазах, что составляет 51,8%.

В табл. 2 собраны данные результатов исследования контрольной группы.

В контрольной группе (52 глаза) показатели времени разрыва слезной пленки, теста Ширмера и мейбографии несколько отличались от показателей основной группы. В контрольной группе (56 глаз) наблюдался сравнительно более медленный разрыв слезной пленки (тест Норна). Среднее значение составило 6,6 с. Так, у 18 (34,6%) пациентов наблюдалась легкая степень снижения времени разрыва слезной пленки, у 26 (50%) пациентов была средняя степень, и у 8 (15,4%) пациентов мы наблюдали выраженную степень нарушения стабильности слезной пленки.



Таблица 2
Основные показатели состояния глазной поверхности у пациентов контрольной группы
Table 2
Main indicators of ocular surface condition in patients of the control group

| Степень выраженности признаков | Время разрыва слезной пленки (n=52) | Проба Ширмера (n=52) | По опроснику OSDI (баллов) (n=52) | Мейбография (n=52) |
|---------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| Легкая степень | 18 (34,6%) 8–10 с | 17 (32,7%) 10–15 мм | 32 (61,5%) 13–22 балла | 14 (26,9%) |
| Средняя степень | 26 (50%) 5–7 с | 19 (36,5%) 5–10 мм | 16 (30,8%) 23–32 балла | 15 (28,8%) |
| Выраженная и резко выраженная степени | 8 (15,4%) менее 5 с | 16 (30,8%) менее 5 мм | 4 (7,7%) 33 балла и более | 23 (44,2%) |
| В среднем | 6,6 с | 9,1 мм | 25,5 балла | 43,4% |

Результаты теста Ширмера были следующими: у 17 пациентов (32,7%) отмечалась легкая степень нарушения, у 19 пациентов (36,5%) – средняя степень и у 16 пациентов (30,8%) – выраженная степень нарушения слезопродукции. Среднее значение – 9,1 мм.

Показатели по опроснику OSDI оказались такими: легкая степень нарушений (13–22 балла) – у 32 пациентов (61,5%), средняя степень (23–32 балла) – у 16 пациентов (30,8%), выраженная и резко выраженная степень нарушений (33 балла и более) – у 4 (7,7%). Средний балл по опроснику OSDI составил 25,5.

Мейбография (степень поражения мейбомиевых желез) в контрольной группе пациентов показала следующие результаты: легкая степень нарушения структуры желез выявлена у 14 пациентов (26,9%), средняя степень – у 15 (28,8%), выраженная и резко выраженная степени – у 23 пациентов (44,2%). Средний показатель поражения структуры желез – 43,4%.

В табл. 3 приведены данные менискометрии основной и контрольных групп, проведенной на оптическом когерентном тонометре.

Дополнительно были проанализированы параметры нижнего слезного мениска, оцененные с помощью оптической когерентной томографии (ОКТ). Высота слезного мениска в основной группе в среднем составила $296,13 \pm 74,53$ мкм, а в контрольной группе – $303,25 \pm 92,39$ мкм. Угол смачивания роговицы по данным ОКТ в основной группе – $16,06 \pm 1,65$ град и в контрольной группе – $17,05 \pm 3,25$ град. Показатели высоты слезного мениска и угла смачивания роговицы были ниже в основной группе, что указывает на более выраженные нарушения увлажнения глазной поверхности у пациентов с ССГ.

Таблица 3
Параметры нижнего слезного мениска в основной и контрольной группах по данным ОКТ
Table 3
Parameters of the lower lacrimal meniscus in the main and control groups according to OCT data

| Параметр | Основная группа (28 пациентов, 56 глаз) | Контрольная группа (26 пациентов, 52 глаза) |
|---------------------------------|---|---|
| Высота слезного мениска, мкм | $296,13 \pm 74,53$ | $303,25 \pm 92,39$ |
| Угол смачивания роговицы, град. | $16,06 \pm 1,65$ | $17,05 \pm 3,25$ |
| Достоверность различий | p<0,001 | |

■ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенное исследование показало, что у пациентов с атрофическим ринитом наблюдаются более выраженные изменения на глазной поверхности по сравнению с контрольной группой (время разрыва слезной пленки значительно ниже в основной группе ($p < 0,001$)). Выявлены значительное снижение стабильности слезной пленки, снижение продукции водной фазы слезы и высокая степень поражения мейбомиевых желез у пациентов с атрофическим ринитом.

Уровень субъективных жалоб (по опроснику OSDI) значительно выше у пациентов основной группы ($p < 0,001$), что подтверждает наличие косвенной взаимосвязи между этими двумя состояниями.

В основной группе выявлены выраженные изменения по данным мейбографии и ОКТ-менискометрии. Однако различия по пробе Ширмера и мейбографии не достигли статистической значимости, что указывает на схожие показатели слезопродукции и поражения желез в обеих группах. При сравнении показателей между основной и контрольной группами выявлено, что у пациентов основной группы более выражены нарушения стабильности слезной пленки, сниженная секреция слезы и большая степень поражения мейбомиевых желез. Средние значения времени разрыва слезной пленки и теста Ширмера в основной группе были значительно ниже, а средние баллы OSDI – выше, что свидетельствует о более выраженной симптоматике ССГ.

Статистический анализ (t-критерий Стьюдента) показал достоверные различия между группами ($p < 0,05$), что подтверждает значимость выявленных отклонений и необходимость индивидуального подхода к лечению пациентов с различной степенью выраженности ССГ.

■ ВЫВОДЫ

1. Проведенные исследования позволяют нам прийти к заключению, что у пациентов с ранее выявленным отоларингологами атрофическим ринитом показатели состояния глазной поверхности отличаются от таковых у пациентов без лор-патологии.
2. Показаны статистически значимые различия между основной и контрольной группами по пробе Норна на разрыв слезной пленки и по опроснику OSDI. Вместе с тем по результатам теста Ширмера и по мейбографии эти различия оказались статистически недостоверными.
3. Полученные результаты подтверждают наличие патогенетической связи между атрофическим ринитом и синдромом сухого глаза, что требует междисциплинарного подхода к диагностике и лечению этих пациентов. Дальнейшие исследования могут быть направлены на изучение нейрогуморальных механизмов увлажнения слизистых оболочек глаза и носа, а также на разработку комбинированных терапевтических стратегий для коррекции выявленных нарушений.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Bakhritdinova F.A., Bilalov E.N., Oralov B.A., Mirrakhimova S.Sh., Safarov Zh.O., Oripov O.I., Nabieva I.F. The assessment of lacrimal film condition in patients with dry eye syndrome during therapy. *Russian Ophthalmological Journal*. 2019;12(4):13–18. doi: 10.21516/2072-0076-2019-12-4-13-18. (in Russian)



2. Bist SS, Bisht M, Purohit JP, Saxena R. Study of histopathological changes in primary atrophic rhinitis. *ISRN Otolaryngol.* 2011;2011:269479.
3. Brjesky VV, Maychuk YF, Petrayevsky AV, Nagorsky PG. Use of preservative-free hyaluronic acid (Hylabak(?)) for a range of patients with dry eye syndrome: experience in Russia. *Clin Ophthalmol.* 2014 Jun 18;8:1169–77. PMID: 24970995. PMCID: PMC4069143. doi: 10.2147/OPHT.547713. (in Russian)
4. Khamidova F.M., Vasilenko A.V. Our Observations on the Correlation Between Dry Eye Syndrome and Atrophic Rhinitis. *International Journal of Integrative and Modern Medicine.* 2024;2(9):104–106. Available at: <https://medicaljournals.eu/index.php/IJIMM/article/view/949>. (in Russian)
5. Khamidova F.M., Vasilenko A.V. Some Clinical Manifestations of Dry Eye Syndrome in Glaucoma Patients on a Continuous Hypotensive Regimen. *Problems of Biology and Medicine.* 2024;3(154):253–356. Available at: <https://www.sammu.uz/ru/article/3923>. (in Russian)
6. Nasretdinova M.T., Karaev H.E., Shadiev A.E. Changes in Blood Counts of Patients with Chronic Atrophic Rhinitis. *Medico-Legal Update an International Journal.* 2020;4:1346–1349. (in Russian)
7. Nasretdinova M.T., Shadiev A.E. Modern view on the pathogenesis, diagnosis, and treatment of atrophic rhinitis. *Biology and Medicine Issues.* 2020;3:211–213. (in Russian)
8. Narbaev Z.K., Kasimov K.K., Narbaev K.P., Khusanov Sh.R. Morphological structure of nasal mucosa and paranasal sinuses in hot climate conditions. *Aspirant.* 2020;5:235–239. (in Russian)
9. Salah B, Dinh Xuan AT, Fouilladieu JL, Lockhart A, Regnard J. Nasal mucociliary transport in healthy subjects is slower when breathing dry air. *Eur Respir J.* 1988 Oct;1(9):852–5. PMID: 3229484.
10. Vasilenko A.V. Our Observations on Computer Vision Syndrome as a Professional Problem in Ophthalmology. *Journal of New Century Innovations.* 2024;66(1):95–98. Available at: <https://scientific-jl.org/new/article/view/4542>. (in Russian)
11. Yusupov A.A., Khamidova F.M. Modern clinical and diagnostic approach to dry eye syndrome. *Problems of Biology and Medicine.* 2022;6(140). Available at: <https://www.sammu.uz/ru/article/591>. (in Russian)
12. Yusupov A.A., Khamidova F.M., Vasilenko A.V. Reviewing Some Clinical Manifestation Features of Dry Eye Syndrome in Glaucoma Patients Undergoing a Continuous Hypotensive Regimen. *Science and Innovation International Scientific Journal.* 2024;3(1). doi: 10.5281/zenodo.10493173. (in Russian)



Потемкин В.В.^{1,2}, Черкашина А.С.¹ ✉, Варганова Т.С.¹

¹Городская многопрофильная больница № 2, Санкт-Петербург, Россия

²Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия

Эффективность применения вискоэластиков различной плотности в хирургии катаракты

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: Потемкин В.В. – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материалов, анализ полученных данных, подготовка и редактирование текста; Черкашина А.С. – сбор и обработка материалов, анализ полученных данных, обзор литературы, написание и редактирование текста, подготовка к печати; Варганова Т.С. – диагностические исследования.

Подана: 11.08.2025

Принята: 08.09.2025

Контакты: anna.cherkashina@mail.ru

Резюме

Цель. Изучить эффективность и безопасность применения вискоэластичных растворов Адгевиск и Адгевиск лайт при стандартной факоэмульсификации с имплантацией интраокулярной линзы.

Материалы и методы. В исследование включены 130 пациентов с катарактой (130 глаз), разделенных на 2 группы. В ходе операции для защиты эндотелия использовали вискоэластичные растворы Адгевиск в группе I (80 пациентов) и Адгевиск лайт в группе II (50 пациентов). После каждой операции фиксировались ультразвуковые и гидродинамические параметры. Для обеих групп произведено разделение на подгруппы в зависимости от плотности катаракты (LOCS III): Ia и IIa – плотность катаракты ≤ 3 , Ib и IIb – плотность катаракты > 3 . Стандартное офтальмологическое обследование, эндотелиальная микроскопия и пахиметрия выполнены до и через 1 месяц после операции, биометрия – до хирургического вмешательства.

Результаты. При сравнении двух групп не получено статистически значимой разницы в плотности эндотелиоцитов ни до ($p=0,161$), ни после операции ($p=0,247$). Процент потери эндотелиальных клеток в группе I – 4,2%, в группе II – 4,6%, в подгруппах Ia – 3,8%, Ib – 4,0%, IIa – 4,0%, IIb – 4,5%. При сравнении подгрупп с плотностью ядра хрусталика > 3 (Ib и IIb) выявлена большая потеря эндотелиоцитов у пациентов в подгруппе IIb ($p=0,001$), на мягких катарактах статистически значимой разницы не получено (при сравнении Ia и IIa, $p=0,05$). Не получено статистически значимой разницы при сравнении между группами данных пахиметрии и внутриглазного давления через 1 месяц после операции ($p=0,056$, $p=0,32$ соответственно).

Заключение. Доказана клиническая эффективность и безопасность использования вискоэластичных растворов Адгевиск и Адгевиск лайт при стандартной факоэмульсификации с имплантацией интраокулярной линзы. Использование Адгевиск лайт более безопасно при мягких катарактах 1–3-й степени плотности. При катарактах 4-й степени плотности и выше, в осложненных случаях и при дефиците эндотелиальных клеток предпочтительно использование Адгевиск.



Ключевые слова: вискоэластичные растворы, Адгевиск, Адгевиск лайт, стандартная факоэмульсификация, имплантация интраокулярной линзы

Vitaliy V. Potemkin^{1,2}, Anna S. Cherkashina¹ ✉, Tatiana S. Varganova¹

¹ Saint Petersburg Multifield Hospital No. 2, Saint Petersburg, Russia

² Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University, Saint Petersburg, Russia

Efficiency of Using Viscoelastics of Different Densities in Cataract Surgery

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: Potemkin V. – concept and design of the study, collection and processing of materials, analysis of the obtained data, preparation and editing of the text; Cherkashina A. – collection and processing of materials, analysis of the obtained data, literature review, writing and editing of the text, preparation for publication; Varganova T. – diagnostic studies.

Submitted: 11.08.2025

Accepted: 08.09.2025

Contacts: annaa.cherkashina@mail.ru

Abstract

Purpose. The aim of the study is to learn the efficacy and safety of the use of viscoelastic solutions Adgevick and Adgevick lite in standard phacomulsification with implantation of an intraocular lens.

Materials and methods. 130 patients with cataract (130 eyes) were included in the clinical study and were divided into two groups. During the operation, Adgevick was used to protect the endothelium in group I (80 patients), and Adgevick lite was used in group II (50 patients). Both groups were divided into subgroups depending on the cataract density (LOCS III): Ia and IIa – cataract density <3, Ib and IIb – cataract density >3. Ultrasound and hydrodynamic parameters were recorded after each operation. Standard ophthalmological examination, endothelial microscopy, and pachymetry were performed before and 1 month after surgery, biometrics – before surgery.

Results. Comparing the two groups, there was no statistically significant difference in endothelial density neither before ($p=0.161$) nor after surgery ($p=0.247$). The percentage of endothelial cell loss in group I was 4.2%, in group II – 4.6%, in subgroups Ia – 3.8%, Ib – 4.0%, IIa – 4.0%, IIb – 4.5%. Comparing subgroups with a lens density >3 (Ib and IIb), a large loss of endotheliocytes was found in patients in subgroup IIb ($p=0.001$), with no statistically significant difference in soft cataracts (when comparing Ia and IIa, $p=0.05$). There was no statistically significant difference when comparing the groups of pachymetry and intraocular pressure 1 month after surgery ($p=0.056$, $p=0.32$, respectively).

Conclusion. The clinical efficacy and safety of using the ophthalmic viscosurgical devices Adgevick and Adgevick lite in standard phacomulsification with implantation of an intraocular lens has been proven. The use of Adgevick lite is safer for mild cataracts of 1–3 degrees of density. With cataracts of 4 degrees of density and higher, in complicated cases and with a deficiency of endothelial cells, the use of Adgevick is preferred.

Keywords: viscoelastic solutions, Adgevick, Adgevick lite, standard phacomulsification, implantation of an intraocular lens

■ ВВЕДЕНИЕ

Общезвестно, что вискоэластики, или «*ophthalmic viscoelastic device*» (OVD), в настоящее время широко применяются в офтальмохирургии, и наиболее часто – в хирургии катаракты. Термин «*ophthalmic viscoelastic device*», или дословно «офтальмологический вискоэластичный инструмент», подчеркивает многофункциональность и важность применения данных растворов на любых этапах операции для различных целей: создание и поддержание объема и пространства, выравнивание давления в передней и задней камерах, стабилизация тканей, разделение пространства передней камеры и, несомненно, защита эндотелия роговицы [1–5].

Вискоэластичные растворы представляют собой фармакологически неактивные, прозрачные вещества с высокой вязкостью и эластичностью, обладающие одновременно свойствами гелей и твердых тел [6]. Гиалуроновая кислота в качестве вископротектора применяется в офтальмохирургии с 1977 года и по настоящее время считается стандартом безопасности, являясь основой состава современных вискоэластичных препаратов [7]. В зависимости от концентрации гиалуроната натрия и его молекулярной массы (или длины полимерной цепи), физико-химические свойства различных вискоэластиков отличаются, что влияет на их распределение среди глазных структур в процессе хирургического вмешательства [8].

Критерием классификации современных вискоэластиков является степень вязкости, которая зависит от молекулярной массы. Адгезивные вискоэластики обладают низкой вязкостью за счет слабого соединения межмолекулярных цепей, что обеспечивает текучесть, прочное сцепление с тканями глаза, длительное нахождение внутри глаза в ходе оперативного вмешательства, более сложное удаление (эвакуацию, аспирацию). Когезивные «тяжелые» вискоэластики, напротив, имеют высокую вязкость, обладая прочными межмолекулярными связями, распределяются внутри глаза единым конгломератом и полностью легко удаляются [4, 9–12].

В офтальмохирургии, в частности в хирургии катаракты, к важным свойствам вискоэластиков относят: максимальную прозрачность, защиту интраокулярных структур, то есть способность к прочной адгезии с поверхностями тканей глаза, при этом легкое введение и вымывание, поддержание объема и отсутствие препятствия для циркуляции ирригационных потоков [5, 13, 14].

В ходе факоэмульсификации, как и при любой интраокулярной операции, несмотря на малоинвазивность и высокую скорость выполнения, внутриглазные структуры подвергаются хирургической травме [2, 4, 15, 16]. Использование вискоэластиков на различных этапах операции позволяет свести к минимуму ее интенсивность, а также преследует разные задачи. Первая и основная – защита эндотелия от прямого повреждающего действия хирургических инструментов, ирригационных потоков, ультразвукового воздействия и прямого контакта с фрагментом ядра хрусталика, для чего используется адгезивный вискоэластик, создающий на эндотелии роговицы прочный защитный слой. Вторая – углубление и поддержание объема передней камеры, смещение иридохрусталиковой диафрагмы, выравнивание давления внутри капсульного мешка и в передней камере при выполнении капсулорексиса, что особенно важно при набухающей катаракте. При недостаточном мидриазе вискодилатация позволяет несколько увеличить ширину зрачка. При наличии передних и задних синехий использование вискоэластика позволяет деликатно их разрушить. Также применение вискоэластика незаменимо при необходимости манипуляции



с фрагментами ядра хрусталика, выведении их в переднюю камеру, разделения перемычек между фрагментами при неполном разломе для его завершения, защиты задней капсулы при риске ее повреждения. При заднекапсулярных катарактах, слабости цинновых связок на фоне псевдоэкзофолиативного синдрома вискодиссекция кортикальных масс с применением вискоэластиков с низкой вязкостью поддерживает и стабилизирует капсульный мешок и связочный аппарат, снижая стрессовое воздействие на него, защищает заднюю капсулу, уменьшает риск ее повреждения. Вискоэластиком заполняется и расправляется капсульный мешок и окутывается интраокулярная линза для безопасной и контролируемой ее имплантации [19–22]. По завершении операции вискоэластичные растворы должны быть аспирированы и удалены в максимально возможном объеме, так как их остатки, медленно вымываясь через трабекулярную сеть, повышают уровень внутриглазного давления (ВГД) в послеоперационном периоде [10, 17, 18].

Таким образом, использование вискоэластика на протяжении всего оперативного вмешательства на разных его этапах должно гарантировать безопасность и сохранность внутриглазных структур.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучить эффективность и безопасность применения вискоэластичных растворов Адгевиск и Адгевиск лайт при стандартной факоэмульсификации с имплантацией интраокулярной линзы.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Клиническое исследование проведено на базе микрохирургического отделения (глаза) № 5 СПб ГБУЗ «ГМПБ 2». В исследование включены 130 пациентов (130 глаз) с катарактой различной степени плотности без сопутствующих патологических изменений роговицы и глаукомы. Всем пациентам выполнены стандартное офтальмологическое обследование, включающее визометрию, периметрию, биомикроскопию с оценкой плотности ядра хрусталика по системе LOCS III (Lens Opacities Classification System), офтальмоскопию, измерение ВГД с помощью тонометра Маклакова, а также эндотелиальная биомикроскопия и пахиметрия (TOPCON SP-3000P, программное обеспечение CellCount™, Япония), биометрия (биомер ZEISS IOLMaster 700). Исследования проводились до операции и через 1 месяц после нее, за исключением биометрии. Для подсчета клеток эндотелия применялся метод фиксированной рамки и произвольного выбора клеток (не менее 30) для автоматического анализа. В качестве основных параметров оценивались плотность клеток эндотелия (количество клеток эндотелия на 1 мм²), толщина роговицы в центральной зоне и коэффициент вариации (CV, coefficient of variation), или степень полимегатизма.

Факоэмульсификация с имплантацией интраокулярной линзы (AcrySof SA60AT, Alcon, США и Akreos AO, Bausch and Lomb, США) выполнена под местной инстилляционной анестезией (оксипрокаин 0,4%, SENTISS PHARMA, Индия) по стандартной методике с использованием тоннеля шириной 2,2 мм, двух парацентезов по 1 мм одним хирургом без интра- и послеоперационных осложнений на приборе Alcon Centurion® Vision System (Alcon, США). Фиксировались временные и гидродинамические параметры: время операции (время от нажатия на педаль факомашины до снятия векорасширителя, мин.), объем аспирированного сбалансированного солевого

Таблица 1
Характеристика групп пациентов
Table 1
Characteristics of patient groups

| | Возраст | Плотность ядра хрусталика (LOCS III) | ВГД, мм рт. ст. | ГПК | Время операции, мин. | Объем BSS, мм ³ | CDE |
|---------------------------------|----------|--------------------------------------|-----------------|----------|----------------------|----------------------------|------------|
| Группа I (Адгевиск), n=80 | 72,9±3,1 | 3,8±1,2 | 17±2,2 | 3,1±0,7 | 9,01±2,01 | 67,56±21,88 | 8,608±6,66 |
| Группа II (Адгевиск лайт), n=50 | 70,6±4,2 | 3,1±1,9 | 17±2,2 | 2,95±0,8 | 7,94±1,8 | 55,368±19,48 | 6,97±3,86 |
| Достоверность, p | 0,66 | 0,74 | 0,93 | 0,54 | 0,057 | 0,055 | 0,32 |

Примечания: n – количество пациентов; ГПК – глубина передней камеры.

раствора (balanced salt solution, BSS, мл), количество рассеянной ультразвуковой кумулятивной энергии (CDE).

В группу I включены пациенты (80 пациентов, 80 глаз), у которых в ходе операции для защиты эндотелия и поддержания объема передней камеры использовался Адгевиск (ООО «Гротекс», Россия). Группу II составили пациенты (50 пациентов, 50 глаз), у которых в ходе факоэмульсификации для тех же целей использовался Адгевиск лайт (ООО «Гротекс», Россия). Характеристика групп, до- и интраоперационные параметры представлены в табл. 1.

Адгевиск и Адгевиск лайт – адгезивные вискоэластичные растворы, в состав которых входят хондроитина сульфат и натрия гиалуронат с различной концентрацией. За счет своих физико-химических свойств данные вискоэластики используются в первую очередь для защиты эндотелия и других интраокулярных структур, обеспечивая плотные контакты с их поверхностью и, таким образом, нахождение его внутри глаза на протяжении всей операции. Также данные препараты создают и поддерживают объем и пространство внутри камеры глаза, улучшают визуализацию. Когевиск и Когевиск лайт (ООО «Гротекс», Россия) – вископротекторы, в составе которых натрия гиалуронат (1,6% и 1% соответственно) имеет большой молекулярный вес, служат главным образом для разделения тканей, выравнивания давления между

Таблица 2
Сравнительная характеристика вискоэластиков
Table 2
Comparative characteristics of viscoelastics

| Свойства | Адгевиск | Адгевиск лайт | Когевиск |
|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Состав, % | 3 NaHa 4 CSS | 1,7 NaHa 4 CSS | 1,6 NaHa |
| Молекулярная масса, Да | ≥500 000 NaHa 22 500 CSS | 1 725 000 22 500 CSS | 1 000 000 – 4 200 000 |
| Динамическая вязкость, мПа·с | 20 000–10 000 | 75 000±35 000 | 47 500–200 000 |
| pH | 7,0–7,6 | 6,8–7,6 | 6,8–7,6 |
| Осмолярность, мОсм/кг | 325±40 | 315±55 | 340±60 |

Примечания: NaHa – натрия гиалуронат; CSS – хондроитина сульфат.



капсульным мешком и передней камерой глаза при выполнении капсулорексиса и использовании техники soft-shell, имплантации интраокулярной линзы. Нами был использован Когевиск для наполнения капсульного мешка при имплантации интраокулярной линзы. Сравнительная характеристика данных вискоэластиков представлена в табл. 2.

В послеоперационном периоде пациенты получали противовоспалительную и антибактериальную терапию: инстилляции 0,1% дексаметазона, 0,1% левофлоксацина, 0,09% бромфенака по стандартной схеме.

Статистическая обработка данных выполнена с использованием программы SPSS Statistics V.26.0. Проверку нормальности распределения осуществляли по критерию Шапиро – Уилка. При ненормальном распределении для сравнения независимых выборок использовали U-критерий Манна – Уитни, для зависимых – критерий Вилкоксона. Для сравнения нормально распределенных зависимых и независимых выборок применяли соответствующий t-критерий Стьюдента. При анализе качественных данных использовали точный критерий Фишера.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ

Изучаемые параметры оценивали как внутри каждой группы, так и в сравнении между группами. По данным эндотелиальной биомикроскопии плотность эндотелиальных клеток до операции в группе I составила в среднем 2396 ± 375 кл/мм², в группе II – 2260 ± 433 кл/мм², в сравнении $p=0,161$. Через 1 месяц после операции в группе I – 2303 ± 391 кл/мм² и несколько ниже в группе II – 2101 ± 499 кл/мм², однако эта разница статистически незначима ($p=0,247$) (рис. 1). В группе I медиана потери составила 100,63 [Q1 84,5; Q3 116]. В группе II медиана потери составила 103,99 [Q1 88,25; Q3 133,75] кл/мм². Процент потери эндотелиальных клеток в группе I составил 4,2%, в группе II – 4,6%.

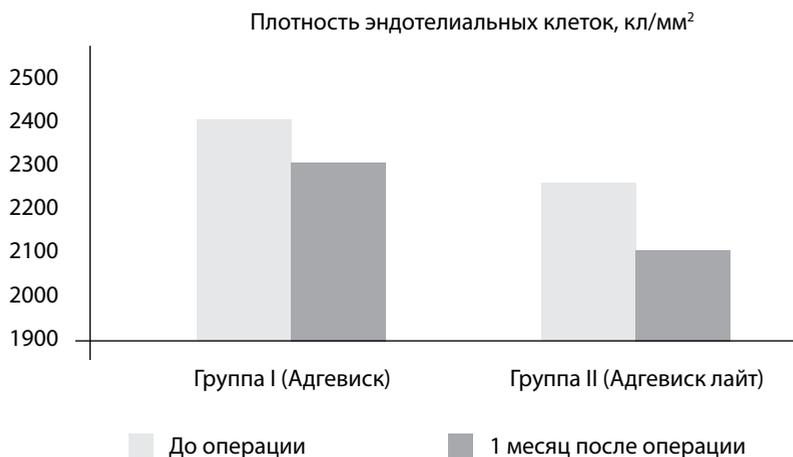


Рис. 1. Плотность эндотелиальных клеток в группах I и II до и через 1 месяц после операции
Fig. 1. Endothelial cells density in groups I and II before and 1 month after surgery

Таблица 3
Процент потери эндотелиальных клеток в подгруппах с разной плотностью ядра хрусталика
Table 3
Percentage of endothelial cell loss in subgroups with different densities of the lens nucleus

| | Ia Адгевиск | Ib Адгевиск | IIa Адгевиск лайт | IIb Адгевиск лайт |
|--------------------------------------|----------------|----------------|----------------------|----------------------|
| Плотность ядра хрусталика (LOCS III) | ≤3 | >3 | ≤3 | >3 |
| Потеря эндотелиальных клеток, % | 3,8 | 4,0 | 4,0 | 4,5 |

Для обеих групп было произведено разделение на подгруппы в зависимости от плотности катаракты: Ia и IIa – плотность катаракты ≤3, Ib и IIb – плотность катаракты >3 (табл. 3). В группе Ia процент потери клеток составил 3,8% в среднем, медиана потери 87 [Q1 77; Q3 99,75]; в группе Ib – 4,0% в среднем, медиана потери 106,5 [Q1 96; Q1 23,75]. При сравнении между Ia и Ib $p>0,05$. В подгруппе IIa данный показатель составил 4,0% в среднем, медиана потери 83 [Q1 76,25; Q3 91]; в подгруппе IIb – 4,5% в среднем, медиана потери 112 [Q1 100,5; Q1 30,75].

При сравнении подгрупп, где применялся Адгевиск лайт (IIa и IIb), а также подгрупп с плотностью ядра хрусталика >3 (Ib и IIb) выявлена большая потеря эндотелиоцитов у пациентов с плотным ядром и использованием Адгевиск лайт ($p=0,001$), однако на катарактах меньшей плотности статистически значимой разницы не получено (при сравнении Ia и IIa, $p=0,05$).

Выявлена слабоотрицательная корреляционная связь потери эндотелиальных клеток с глубиной передней камеры: в группе I коэффициент корреляции составил $-0,477$, $p=0,008$, в группе II $-0,267$, $p=0,285$. При этом не выявлено корреляционной связи потери эндотелиальных клеток с объемом BSS и CDE и временем операции.

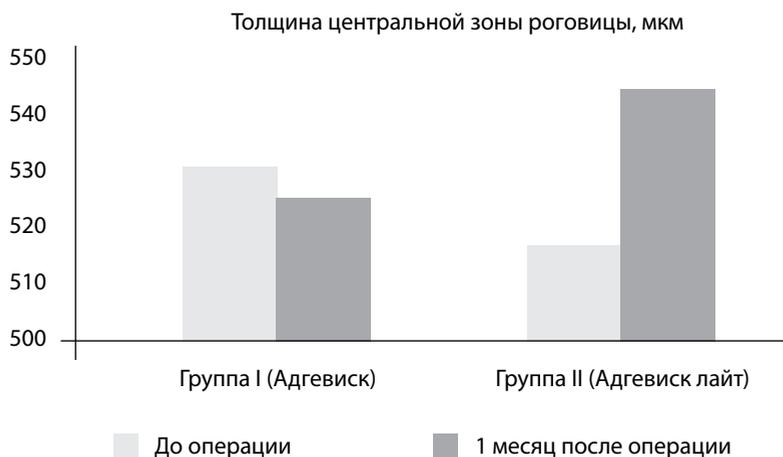


Рис. 2. Данные пахиметрии в группах I и II до и через 1 месяц после операции
Fig. 2. Pachymetry data in groups I and II before and 1 month after surgery



Таблица 4

Сравнение данных ВГД, плотности эндотелиальных клеток, пахиметрии, коэффициента вариабельности до и после операции в группе I

Table 4

Comparison of IOP data, endothelial cell density, pachymetry, and coefficient of variability before and after surgery in group I

| Показатель | До операции | 1 месяц после операции | Значимость, р |
|---|----------------|------------------------|---------------|
| ВГД, мм рт. ст. | 17±2,2 | 16,57±1,6 | 0,26354 |
| Плотность эндотелиальных клеток, кл/мм ² | 2396,65±375,38 | 2303,41±39,9 | 0,613 |
| Пахиметрия, мкм | 531±293 | 525,81±32,69 | 0,2516 |
| CV, % | 25,04±7,093 | 24,19±9,24 | 0,6973 |

Таблица 5

Сравнение данных ВГД, плотности эндотелиальных клеток, пахиметрии, коэффициента вариабельности до и после операции в группе II

Table 5

Comparison of IOP data, endothelial cell density, pachymetry, and coefficient of variability before and after surgery in group II

| Показатель | До операции | 1 месяц после операции | Значимость, р |
|---|----------------|------------------------|---------------|
| ВГД, мм рт. ст. | 17±2,2 | 16,82±1,84 | 0,4542 |
| Плотность эндотелиальных клеток, кл/мм ² | 2260,55±432,48 | 2101,61±498,7 | 0,082 |
| Пахиметрия, мкм | 517±29,7 | 545±33,13 | 0,01474 |
| CV, % | 25,59±7,042 | 24,571±8,33 | 0,77075 |

По данным пахиметрии у пациентов I группы не получено статистически значимой разницы до и после оперативного вмешательства ($p=0,2516$), в отличие от пациентов II группы ($p=0,0014$) (рис. 2). Однако при сравнении между группами разница статистически незначима как до ($p=0,097$), так и после операции ($p=0,056$).

При сравнении ВГД через 1 месяц после операции не получено статистически значимой разницы как внутри групп (группа I – $p=0,26$, группа II – $p=0,45$), так и между группами ($p=0,32$).

Сравнение изучаемых показателей внутри групп до и после операции представлено в табл. 4 и 5.

При сравнении между группами до- и послеоперационных значений вышеуказанных показателей статистически значимой разницы не выявлено ни по одному из них (табл. 6).

Таблица 6

Сравнение изучаемых показателей между группами до и через 1 месяц после операции

Table 6

Comparison of the studied data between the groups before and 1 month after surgery

| Показатель | До операции, значимость, р | После операции, значимость, р |
|---------------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| ВГД | 0,928 | 0,614 |
| Плотность эндотелиальных клеток | 0,161 | 0,247 |
| Пахиметрия | 0,097 | 0,056 |
| CV | 0,729 | 0,866 |

■ ОБСУЖДЕНИЕ

Современная хирургия катаракты на сегодняшний день является высокотехнологичным малоинвазивным процессом. Несмотря на минимальное время, совершенствование техники операции и состава используемых вискоэластиков, проблема сохранности анатомических структур, в частности эндотелия роговой оболочки, остается открытой [23–26]. Основной функцией эндотелиальных клеток роговицы является обеспечение ее прозрачности. Эндотелий представляет собой монослой клеток гексагональной формы, плотность которых составляет в среднем 2500 кл/мм². Важно отметить, что потеря эндотелиальных клеток – мультифакторный процесс, зависящий от возраста, сопутствующих заболеваний, вида хирургического вмешательства, анатомии глазного яблока (аксиальной длины глаза и глубины передней камеры, плотности ядра хрусталика) и, несомненно, от качества применяемых вискоэластиков и течения операции. В среднем снижение плотности эндотелиальных клеток составляет 0,6% в год [27]. После факоэмульсификации этот процесс, по данным разных авторов, составляет 5,2–9,1% в течение 2 месяцев и достигает 20% в течение года после операции [28–33]. Применение вискоэластиков позволяет свести к минимуму повреждение эндотелия благодаря поглощению и рассеиванию ультразвуковой энергии в вязкой среде, защите от ирригационных потоков и механического воздействия фрагментами ядра и инструментами. Sorrentino F.S. в своей работе по изучению качественного и количественного изменения эндотелия после факоэмульсификации продемонстрировал, что наибольшее воздействие на среднюю площадь, гексагональность и плотность эндотелиоцитов оказывается на этапе удаления квадрантов, что связано как с энергией ультразвука, так и с продолжительностью его работы [34].

Hsiao C.W. с соавт. провели масштабный метаанализ по изучению влияния вискоэластиков различного состава на состояние роговицы после факоэмульсификации с оценкой данных с 2000 по 2020 г. По данным авторов, использование дисперсионных вискоэластиков, в состав которых включен хондроитина сульфат в сочетании с гиалуроновой кислотой, приводит к меньшей потере эндотелиальных клеток в отдаленном послеоперационном периоде в сравнении с гиалуронатом натрия или гидроксипропилметилцеллюлозой, а также у таких пациентов отмечался меньший отек роговицы по данным пахиметрии на 1-й день после операции [35].

По данным метаанализа Malvankar-Mehta с соавт., ВГД повышается в первые 5 часов после операции вне зависимости от применяемого вискоэластика, причем максимальные его значения приходятся на промежуток между 30 мин. и 2 ч. Однако на 1-е сутки послеоперационного периода имеются различия в зависимости от вида и комбинации применяемых вискоэластиков [10, 36–38].

При анализе полученных нами данных можно сделать вывод, что использование Адгевиск и Адгевиск лайт в одинаковой степени обеспечивает сохранность внутриглазных структур: у всех пациентов интраоперационно обеспечивалось достаточное поддержание объема передней камеры, после операции роговица оставалась прозрачной, получена высокая острота зрения, ВГД оставалось нормализованным. Несмотря на то, что при применении Адгевиск лайт имелась тенденция к большей потере эндотелиальных клеток у пациентов с плотной катарактой, какие-либо осложнения отсутствовали как в ходе операции, так и после нее при сроке наблюдения в 1 месяц.



Важно отметить, что при планировании хирургии катаракты крайне необходимым является адекватная оценка состояния всех структур глазного яблока для исключения сопутствующей офтальмологической патологии и грамотного выбора комбинации вискоэластичных препаратов и техники оперативного вмешательства.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Доказана клиническая эффективность и безопасность использования вискоэластичных растворов Адгевиск и Адгевиск лайт (ООО «Гротекс», Россия) при стандартной факоэмульсификации с имплантацией интраокулярной линзы. Выявлено отсутствие статистически значимой разницы по данным эндотелиальной микроскопии, пахиметрии и тонометрии до- и послеоперационных значений, что свидетельствует о сохранности анатомического и функционального состояния структур глазного яблока. Использование Адгевиск лайт более безопасно при мягких катарактах 1–2-й степени плотности. При катарактах 3-й степени плотности и выше, в осложненных случаях и при дефиците эндотелиальных клеток предпочтительно использование Адгевиск.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Balazs E.A. Sodium hyaluronate and viscosurgery. In: Miller D., Stegmann R., editors. *Healon, A guide to its use in ophthalmic surgery*. New York: Wiley Medical Publishers; 1983:5–28.
2. Borkenstein A.F., Borkenstein E.M., Malyugin B. Ophthalmic viscosurgical devices (OVDs) in challenging cases: a Review. *Ophthalmol Ther*. 2021;10(4):831–843. doi: 10.1007/s40123-021-00403-
3. Kretz F.T.A., Limberger I.-J., Auffarth G.U. Corneal endothelial cell coating during phacoemulsification using a new dispersive hyaluronic acid ophthalmic viscosurgical device. *J Cataract Refract Surg*. 2014;40(11):1879–1884. doi: 10.1016/j.jcrs.2014.04.025
4. Malvankar-Mehta M.S., Fu A., Subramanian Y., Hutnik C. Impact of ophthalmic viscosurgical devices in cataract surgery. *J Ophthalmol*. 2020;2020. doi: 10.1155/2020/7801093
5. Petrov S., Mazurova Yu., Aslamazova A., Fokina N., Vostruhin S. Viscoelastics in ophthalmosurgery. *National Journal glaucoma*. 2016;15(1):97–108. (in Russian)
6. Arshinoff S. New terminology: ophthalmic viscosurgical devices. *J Cataract Refract Surg* 2000;26(5):627–628.
7. Miller D., O'Connor P., Williams J. Use of Na-hyaluronate during intraocular lens implantation in rabbits. *Ophthalmic Surg*. 1977; 8(6):58–61.
8. Bothner H., Wik O. Rheology of intraocular solutions. *Viscoelastic Materials*. 1986;2:53–70.
9. Watanabe I., Hoshi H., Sato M., Suzuki K. Rheological and adhesive properties to identify cohesive and dispersive ophthalmic viscosurgical devices. *Chem Pharm Bull (Tokyo)*. 2019;67(3):277–283. doi: 10.1248/cpb.c18-00890
10. Loskoutov I., Korneeva A. The influence of new ophthalmic viscoelastic devices on the level of intraocular pressure after phacoemulsification. *National Journal glaucoma*. 2020;19(2):31–38. Available at: <https://doi.org/10.25700/NJG.2020.02.04> (in Russian)
11. Storr-Paulsen A., Norregaard J.C., Ahmed S., et al. Endothelial cell damage after cataract surgery: divide-and-conquer versus phaco-chop technique. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*. 2008;34(6):996–1000. doi: 10.1016/j.jcrs.2008.02.013
12. Arshinoff S.A., Jafari M. New classification of ophthalmic viscosurgical devices-2005. *J Cataract Refract Surg* 2005;31(11):2167–2171. doi: 10.1016/j.jcrs.2005.08.056
13. Alekseev I. Viscoelastic solutions in ophthalmosurgery. *Glaucoma*. 2004;3(4):48–53. (in Russian)
14. Dick H.B., Schwenn O. *Viscoelastics in ophthalmic surgery*. Berlin: Springer; 2000.
15. Meduri A., Urso M., Signorino G.A., et al. Cataract surgery on postradial keratotomy patients. *Int J Ophthalmol*. 2017;10(7):1168–1170. doi: 10.18240/ijo.2017.07.23
16. Ungricht E.L., Culp C., Qu P., et al. Effect of phacoemulsification fluid flow on the corneal endothelium: experimental study in rabbit eyes. *J Cataract Refract Surg*. 2022;48(4):481–486. doi: 10.1097/j.jcrs.0000000000000768
17. Gross J.G., Meyer D.R., Robin A.L. et al. Increased intraocular pressure in the immediate postoperative period after extracapsular cataract extraction. *Am J Ophthalmol*. 1988;105:466–469. doi: 10.1016/0002-9394(88)90236-x
18. Fry L.L. Postoperative intraocular pressure rises: a comparison of Healon, Amvisc, and Viscoat. *J Cataract Refract Surg*. 1989;15:415–420. doi: 10.1016/s0886-3350(89)80060-4
19. Fine I.H. Cortical cleaving hydrodissection. *J Cataract Refract Surg* 1992;18(5):508–512.
20. Vasavada V., Vasavada V.A., Werner L., Mamalis N., Vasavada A.R., Crandall A.S. Corticocapsular cleavage during phacoemulsification: Viscodissection versus hydrodissection. Miyake-Apple view analysis. *J Cataract Refract Surg* 2008;34(7):1173–1180. doi: 10.1016/j.jcrs.2008.03.026
21. Mackool R.J., Nicolich S., Mackool R., Jr. Effect of viscodissection on posterior capsule rupture during phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 2007;33(3):553. doi: 10.1016/j.jcrs.2006.08.066
22. Arshinoff S.A. Dispersive-cohesive viscoelastic soft-shell technique. *J Cataract Refract Surg* 1999;25(2):167–173.
23. Huseyin M., Fatma B.E., Emin K., Sami L.S. Corneal endothelial damage in phacoemulsification using an anterior chamber maintainer compared with using an ophthalmic viscosurgical device. *J Cataract Refract Surg*. 2021;47(5):612–617. doi: 10.1097/j.jcrs.0000000000000493

24. Sharma N, Singhal D, Nair S.P., et al. Corneal edema after phacoemulsification. *Indian J Ophthalmol.* 2017;65(12):1381–1389. doi: 10.4103/ijo.IJO_871_17
25. Lahagu E.A., Fachiroh J., Anugrah A.S., et al. Changes of lactate dehydrogenase in corneal edema after cataract surgery treated with trans-corneal oxygenation therapy. *Int J Ophthalmol.* 2020;13(7):1148–1151. doi: 10.18240/ijo.2020.07.19
26. Bourne R.R., Minassian D.C., Dart J.K., et al. Effect of cataract surgery on the corneal endothelium: modern phacoemulsification compared with extracapsular cataract surgery. *Ophthalmology.* 2004;111:679–85. doi: 10.1016/j.ophtha.2003.07.015
27. Gupta P.K., Berdahl J.P., Chan C.C., Rocha K.M., Yeu E., Ayres B., Farid M., Lee W.B., Beckman K.A., Kim T., Holland E.J., Mah F.S.; from the ASCRS Cornea Clinical Committee. The corneal endothelium: clinical review of endothelial cell health and function. *J Cataract Refract Surg.* 2021;47(9):1218–1226. doi: 10.1097/j.jcrs.0000000000000650
28. Bourne W.M., Nelson L.R., Hodge D.O. Central corneal endothelial cell changes over a ten-year period. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1997;38:779–82.
29. Lesiewska-Junk H., Kałuzny J., Malukiewicz-Wiśniewska G. Long-term evaluation of endothelial cell loss after phacoemulsification. *Eur J Ophthalmol.* 2002;12:30–3. doi: 10.1177/112067210201200106
30. Armitage W.J., Dick A.D., Bourne W.M. Predicting endothelial cell loss and long-term corneal graft survival. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2003;44:3326–31. doi: 10.1167/iovs.02-1255
31. Bourne W.M., McLaren J.W. Clinical responses of the corneal endothelium. *Exp Eye Res.* 2004;78:561–72. doi: 10.1016/j.exer.2003.08.002
32. Choi J.Y., Han Y.K. Long-term (10 years) results of corneal endothelial cell loss after cataract surgery. *Can J Ophthalmol.* 2019;54(4):438–444. doi: 10.1016/j.jcjo.2018.08.005
33. Dzhaliashvili G., Farikova E. Comparative evaluation of the results of phacoemulsification using domestic and foreign viscoelastics. *Ophthalmology Journal.* 2022;15:35–42. doi: 10.17816/OV109016
34. Sorrentino F.S. Qualitative Alterations on Corneal Endothelial Cell Morphometry and Hexagonality After Cataract Surgery. *Clin Ophthalmol.* 2021;15:4847–4853. doi: 10.2147/OPHTH.S338001
35. Hsiao C.W., Cheng H., Ghafouri R., Ferko N.C., Ayres B.D. Corneal Outcomes Following Cataract Surgery Using Ophthalmic Viscosurgical Devices Composed of Chondroitin Sulfate-Hyaluronic Acid: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Clin Ophthalmol.* 2023;17:2083–2096. doi: 10.2147/OPHTH.S419863
36. Malvankar-Mehta M.S., Fu A., Subramanian Y., Hutnik C. Impact of Ophthalmic Viscosurgical Devices in Cataract Surgery. *J Ophthalmol.* 2020;2020:7801093. doi: 10.1155/2020/7801093
37. Onakpoya O.H., Adeoye A.O., Adegbehingbe B.O., et al. Intraocular pressure variation after conventional extracapsular cataract extraction, manual small incision cataract surgery and phacoemulsification in an indigenous black population. *Pan Afr Med J.* 2020;36. doi: 10.11604/pamj.2020.36.119.16942
38. Vasavada V., Raj S.M., Praveen M.R., et al. Real-time dynamic intraocular pressure fluctuations during microcoaxial phacoemulsification using different aspiration flow rates and their impact on early postoperative outcomes: a randomized clinical trial. *J Refract Surg.* 2014;30(8):534–540. doi: 10.3928/1081597X-20140711-06]



<https://doi.org/10.34883/PI.2025.15.3.016>
УДК 616.36-089



Билалов Э.Н., Абдуллаев А.О., Билалов Б.Э., Орипов О.И. ✉
Ташкентская медицинская академия, Ташкент, Узбекистан

Экспериментальная оценка безопасности нового антифибротического препарата барьерного действия, предназначенного для хирургии глаукомы, – гидрогеля на основе натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: дизайн и организация исследования – Билалов Э.Н.; осуществление экспериментальных исследований – Абдуллаев А.О.; статистическая обработка, работа с таблицами и графиками – Орипов О.И.; работа с текстом – Билалов Б.Э.

Благодарность: авторский коллектив выражает свою благодарность профессору А.А. Саримсакову и его коллективу за разработку гидрогеля на основе натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы.

Финансирование: авторы не получали дополнительного финансирования при проведении исследования и написании статьи.

Подана: 26.05.2025

Принята: 08.09.2025

Контакты: okil.oripov@mail.ru

Резюме

Введение. Послеоперационные спайки представляют собой серьезное осложнение хирургических вмешательств, включая офтальмологические операции, особенно в хирургии глаукомы. Развитие фиброза после хирургии глаукомы может привести к повышению внутриглазного давления и неэффективности лечения, что увеличивает риск необратимой потери зрения. Современные барьерные препараты для профилактики фиброза имеют ряд ограничений, включая токсичность, провокацию воспалительной реакции и технические сложности при применении в чувствительных тканях глаза. Это подчеркивает высокую актуальность разработки новых барьерных средств с улучшенной биосовместимостью и минимальными побочными эффектами для офтальмологической практики, в частности для хирургии глаукомы.

Цель. Оценка безопасности гидрогеля на основе натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы (Na-КМЦ) в отношении клеточной линии L929 с целью определения его перспективности в качестве антифибротического препарата барьерного действия для применения в хирургии глаукомы.

Материалы и методы. В эксперименте использовалась культура фибробластов L929. Препарат применяли в концентрациях 2, 3 и 4%. Исследование включало микроскопический анализ, окрашивание кристаллическим фиолетовым, фотометрическое измерение оптической плотности, оценку жизнеспособности клеток с помощью трипанового синего и статистическую обработку данных (ANOVA, тест Тьюки, t-критерий Стьюдента).

Результаты. Установлено, что гидрогель на основе Na-КМЦ не вызывает цитотоксических эффектов и не ингибирует рост клеток в сравнении с контрольной группой. Наиболее выраженные отличия наблюдались при сравнении с актиномицином, где

подавление роста клеток было достоверно выше. Визуальная оценка микроскопических изображений подтвердила нормальную морфологию и плотность клеток в группах, обработанных Na-КМЦ.

Выводы. Гидрогель на основе натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы проявляет высокую биосовместимость, не оказывает цитотоксического и антипролиферативного действия на фибробласты, что делает его перспективным для применения в хирургии глаукомы в качестве физического барьера для профилактики послеоперационного фиброза.

Ключевые слова: хирургия глаукомы, профилактика фиброза, натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы, антифибротический барьер, гидрогель

Bilalov E., Abdullaev A., Bilalov B., Oripov O. ✉
Tashkent Medical Academy, Tashkent, Uzbekistan

Experimental Assessment of the Safety of a New Anti-Fibrotic Barrier Agent Intended for Glaucoma Surgery – a Hydrogel Based on Sodium Carboxymethylcellulose

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: study design and organization – E. Bilalov; conducting experimental research – A. Abdullaev; statistical analysis, preparation of tables and figures – O. Oripov; manuscript preparation – B. Bilalov.

Acknowledgments: the authors express their gratitude to Professor A.A. Sarimsakov and his team for the development of the hydrogel based on sodium carboxymethylcellulose.

Funding: the authors received no additional funding for conducting the research and writing the article.

Submitted: 26.05.2025

Accepted: 08.09.2025

Contacts: okil.oripov@mail.ru

Abstract

Background. Postoperative adhesions represent a serious complication of surgical interventions, including ophthalmic surgeries, particularly glaucoma surgery. The development of fibrosis following glaucoma surgery can lead to elevated intraocular pressure and treatment failure, increasing the risk of irreversible vision loss. Current barrier agents used to prevent fibrosis have several limitations, including toxicity, induction of inflammatory responses, and technical challenges when applied to the sensitive tissues of the eye. This underscores the urgent need for the development of new barrier materials with improved biocompatibility and minimal side effects, specifically for use in ophthalmic practice and glaucoma surgery.

Purpose. To evaluate the safety of a sodium carboxymethylcellulose (Na-CMC)-based hydrogel on the L929 cell line to determine its potential as an anti-fibrotic barrier agent for application in glaucoma surgery.

Materials and methods. The experiment utilized a culture of L929 fibroblasts. The hydrogel was applied at concentrations of 2, 3, and 4%. The study included microscopic analysis, crystal violet staining, photometric measurement of optical density, assessment of cell viability using trypan blue exclusion, and statistical data analysis (ANOVA, Tukey's test, and Student's t-test).



Results. It was found that the Na-CMC-based hydrogel did not induce cytotoxic effects and did not inhibit cell growth compared to the control group. The most pronounced differences were observed in comparison with actinomycin, where cell growth inhibition was significantly higher. Visual evaluation of microscopic images confirmed normal cell morphology and density in the groups treated with Na-CMC.

Conclusion. The sodium carboxymethylcellulose-based hydrogel demonstrated high biocompatibility and did not exhibit cytotoxic or antiproliferative effects on fibroblasts, indicating its potential for use in glaucoma surgery as a physical barrier for the prevention of postoperative fibrosis.

Keywords: glaucoma surgery, fibrosis prevention, sodium carboxymethylcellulose, anti-fibrotic barrier, hydrogel

■ ВВЕДЕНИЕ

Послеоперационный фиброз представляет собой одну из основных проблем офтальмохирургии, особенно в хирургии глаукомы. Формирование фиброзной ткани в области хирургического вмешательства приводит к нарушению оттока внутриглазной жидкости, повышению внутриглазного давления и, как следствие, снижению эффективности лечения. Фиброз после операций на органе зрения является основной причиной неудач фильтрационных процедур при глаукоме и значительно ограничивает долгосрочные результаты хирургии [1–3].

Несмотря на развитие современных хирургических технологий и использование противofiброзных средств, проблема послеоперационного фиброза остается актуальной. Применение антифибротических агентов, таких как митомицин С и 5-фторурацил, сопровождается риском тяжелых побочных эффектов, включая цитотоксическое повреждение окружающих тканей, воспаление и повышенную вероятность инфекционных осложнений [4–6]. В связи с этим сохраняется необходимость в разработке безопасных и эффективных средств для профилактики фиброза, обладающих высокой биосовместимостью и отсутствием токсического действия на ткани глаза.

Одним из перспективных направлений является создание барьерных материалов, способных физически предотвращать контакт между травмированными тканями, тем самым препятствуя активации фибробластов и формированию рубцовой ткани [2, 7, 8]. В этом контексте особый интерес представляет гидрогель на основе натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы (Na-КМЦ), обладающий гидрофильными свойствами, высокой вязкостью и способностью равномерно покрывать поверхность тканей [9, 10]. За счет формирования защитной пленки гидрогель может выполнять роль физического барьера, предотвращая развитие фиброза без необходимости применения токсичных химических агентов [11, 12].

На сегодняшний день известно, что Na-КМЦ характеризуется хорошей биосовместимостью и минимальной цитотоксичностью, что делает его привлекательным кандидатом для применения в офтальмохирургии. Предполагается, что гидрогель на основе Na-КМЦ может эффективно препятствовать пролиферации фибробластов, способствуя профилактике послеоперационных спаек и рубцевания в области хирургического вмешательства при глаукоме [13–15].

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Провести экспериментальную оценку безопасности нового антифибротического барьерного препарата, предназначенного для хирургии глаукомы, путем изучения влияния гидрогеля на основе натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы (Na-КМЦ) на рост культуры клеток L929.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Характеристика исследуемого объекта – гидрогеля на основе натриевой карбоксиметилцеллюлозы

Общие сведения. Гидрогель на основе Na-КМЦ является медицинским изделием нового поколения, обладающим антипролиферативными свойствами. Он предназначен для предотвращения спаечных процессов при полостных хирургических вмешательствах, а также применяется в антиглаукоматозных операциях в офтальмологии. Препарат разработан в Институте химии и физики полимеров Академии наук Республики Узбекистан под руководством профессора А.А. Саримсакова. Разработка защищена патентом Республики Узбекистан (приоритет патента IAP № 20110496 от 28.11.2011).

Производство. На опытном производстве Института химии и физики полимеров Академии наук Республики Узбекистан было изготовлено 5 серий гидрогеля, каждая объемом 10 мл. Это позволило начать доклинические исследования препарата и подтвердить его основные свойства.

Описание медицинского изделия. Гидрогель является стерильным, рассасывающимся материалом с высокой вязкостью. По внешнему виду он представляет собой однородную, прозрачную, бесцветную массу без запаха.

Физико-химические свойства. Молекулярная масса: от 46 000 до 138 000 дальтон. Степень замещения (СЗ) по карбоксиметильным группам – 0,86. Препарат хорошо смешивается с водой, практически несмешиваем в органических растворителях. При смешении с ацетоном и спиртом осаждается в виде белой массы.

Основные компоненты. Активное вещество – очищенная карбоксиметилцеллюлоза. Вспомогательные вещества – вода.

Профиль стерильности препарата после хранения. Проведена микробиологическая оценка стерильности гидрогеля после хранения в течение 6 месяцев при температуре +4 °С. Образцы инкубировали на жидких питательных средах в течение 14 суток при температуре 35±2 °С. Во всех образцах роста микроорганизмов не

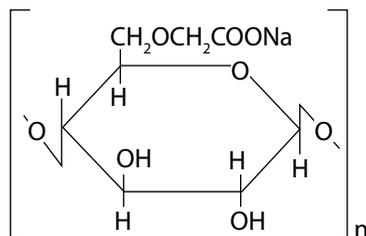


Рис. 1. Эмпирическая формула $[(C_6H_9O_4)-OCH_2-COONa]_n$
Fig. 1. Empirical formula $[(C_6H_9O_4)-OCH_2-COONa]_n$



обнаружено, что свидетельствует о сохранении стерильности и микробиологической стабильности препарата.

Предполагаемый способ введения и выбор доз. Гидрогель на основе натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы наносится после завершения основного этапа операции на ткани в зоне хирургического вмешательства. При открытых операциях гидрогель выдавливают из шприца и наносят непосредственно на ткани. Количество вводимого препарата определяется индивидуально, в зависимости от клинической ситуации и области применения.

Экспериментальная часть. Экспериментальные исследования проводились в лаборатории при центре биомедицинских технологий при Ташкентской медицинской академии.

Перечень использованного оборудования для культивирования клеток: CO₂-инкубатор SANIO MCO801C; центрифуга Beckman; дозатор 2–20 мкл; дозатор 20–200 мкл; дозатор 12-канальный 20–300 мкл; холодильник Pozis XF400-1; фазо-контрастный инвертированный микроскоп с объективом 10× Nikon TMS; мини-орбитальный встряхиватель для микротитрационных планшетов Flow Laboratories Titertek; водяная баня Fisher Scientific; флаконы для клеточных культур соответствующего объема, стерильные Corning/Costar; стерильные 96-луночные планшеты для микротитрования Corning/Costar; вихревой смеситель VortexGenie2; ридер многофункциональный для микропланшета Synergy HT; микроскоп Zeiss Axiovert 40 CFL; объектив Zeiss A-plan 10×/0.25 Ph 1.

Перечень использованных реактивов представлен в табл. 1.

Метод культивирования клеток. При культивировании клеток соблюдались следующие условия: температура воздуха в помещении 24 °С; влажность в помещении 54%; температура в холодильнике 4 °С; температура в термостате 37 °С.

Для исследования использовались клетки линии L929. Концентрация клеток составила 1×10⁶ клеток/мл. Ростовая среда – RPMI-1640 с добавлением 10% FBS. Подготовка клеток к испытаниям включала этапы культивирования в течение 3 и затем 4 дней. Процесс подготовки начинается с обработки клеток трипсином и их подсчета. Затем клетки высевают на 75 см² матрицу для культивирования с использованием

Таблица 1
Используемые реактивы
Table 1
Reagents used

| Название | Производитель | Кат. номер |
|---------------------------------|---------------|--|
| Среда MEM | Lonza | 12-702F |
| Гентамицина сульфат, 10 мг/мл | БиолоТ | 1.3.16 |
| FBS | Gibco | 10500 |
| HEPES | Gibco | 15630-056 |
| L-глутамин | Gibco | 25030-024 |
| BSA | Sigma | A8412-100ML |
| Аламар (синий) | Invitrogen | DAL1100 |
| Контрольный образец актиномицин | Sigma | A3415-2MG |
| Линия клеток L929 | ATCC | CCL-1 NCTC clone 929 [L cell, L-929, derivative of Strain L] |

Таблица 2
Разведения препарата

Table 2
Dilutions of the preparation

| Лунка | Разведение | Препарат/стандарт (1 мкг/мл), мкл | Объем среды, мкл |
|-------|------------|-----------------------------------|------------------|
| 1 | 1 | 80 | 300 |
| 2 | 0,63 | 47 | 305 |
| 3 | 0,38 | 28 | 325 |
| 4 | 0,28 | 20 | 325 |
| 5 | 0,2 | 15 | 340 |
| 6 | 0,17 | 13 | 345 |
| 7 | 0,15 | 11 | 340 |
| 8 | 0,13 | 9 | 330 |

20 мл среды MEM Eagle с Earl и HEPES. В первый этап (3 дня) засевают $1,6 \times 10^6$ клеток и инкубируют при температуре 37 °С в атмосфере с 5% CO₂. По завершении этого этапа подсчитывают количество клеток и высевают на следующий срок (4 дня) с концентрацией 8×10^5 клеток на ту же матрицу с 20 мл среды. Инкубация проводится в тех же условиях – при 37 °С и 5% CO₂. Во время культивирования клетки должны продемонстрировать свободный рост на дне сосуда с достаточным пространством между отдельными клетками. После завершения второго этапа инкубации (4 дня) клетки подсчитывают и разбавляют свежей средой до концентрации 60 000 клеток/мл. Затем клеточную суспензию помещают в ячейки испытательного планшета: в ячейки колонок 1–11 добавляют по 100 мкл суспензии клеток с соответствующей концентрацией, а в ячейки колонки 12 – по 100 мкл среды без клеток.

После 24-часовой инкубации в планшет переносят разведения испытуемого препарата. Препарат разводят до концентрации 1 мкг/мл при комнатной температуре согласно условиям, приведенным в табл. 2.

С использованием пипетки в испытуемый планшет помещают по 50 мкл каждого из 8 разведений препарата из ячеек разведения. В качестве контроля используют клетки без препарата, добавляя 50 мкл среды в соответствующие ячейки.

Таблица 3
Схема планшета

Table 3
Plate layout

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| A | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| B | 200 | ИО1 | 200 | 200 | 200 |
| C | 200 | ИО2 | 200 | 200 | 200 |
| D | 200 | ИО3 | 200 | 200 | 200 |
| E | 200 | АМ | 200 | 200 | 200 |
| F | 200 | КК | 200 | 200 | 200 |
| G | 200 | | | | | | | | | 200 | 200 | 200 |
| H | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |

Примечания: ИО1 – исследуемый препарат 2%; ИО2 – исследуемый препарат 3%; ИО3 – исследуемый препарат 4%; АМ – актиномицин, контрольный препарат; КК – контроль клеток.



Испытуемый планшет инкубируют в течение 48 часов при температуре 37 °С и в атмосфере с 5% CO₂. Схема размещения в планшете представлена в табл. 3.

Процесс культивирования клеток был стандартизирован и включал этапы пассажа клеток, обеспечения их адекватной плотности и жизнеспособности, а также подготовки планшетов с равномерным распределением клеточной суспензии. Все манипуляции проводились в ламинарном боксе класса II с использованием стерильной посуды и одноразовых расходных материалов. Критически важным этапом являлось соблюдение однородности суспензии при заполнении лунок, что обеспечивало сопоставимость результатов.

Оценка клеточной жизнеспособности выполнялась с применением трипанового синего – стандартного метода определения количества живых и мертвых клеток, позволяющего дифференцировать клетки с поврежденной мембраной.

Окрашивание кристаллическим фиолетовым предоставляло возможность количественной оценки клеточной массы после фиксации, благодаря связыванию красителя с ДНК и белками. После 2-дневной инкубации жидкость из планшета удаляли путем переворачивания и энергичного однократного встряхивания. Затем пипеткой в каждую ячейку добавляют по 50 мкл раствора кристаллического фиолетового и выдерживают в течение 15 мин. По истечении времени раствор удаляют таким же способом. Планшет промывают 5 раз для удаления несвязанного красителя. Для промывки планшет погружают в воду, затем высушивают на бумажной салфетке. Процедуру повторяют 4 раза. После последней промывки планшет сушат при комнатной температуре в вытяжном шкафу в течение 30 мин. После высушивания в каждую ячейку пипеткой добавляют по 100 мкл реакционного раствора. Планшет перемешивают при скорости 300 об/мин в течение 15 мин, чтобы обеспечить равномерное растворение красителя. Измерение оптической плотности проводит фотометр при длине волны 620 нм. Обработку полученных данных выполняют с использованием программного обеспечения PLA 2.0 для построения четырехпараметрической кривой.

Обработка трипсином и подсчет клеток. Среду удаляют из культуры клеток, добавляют 3 мл фосфатно-солевого буферного раствора, аккуратно перемешивают и удаляют жидкую фазу. На клеточный слой наносят 3 мл раствора трипсин-ЭДТА и выдерживают 2–4 мин. Для остановки действия трипсина добавляют 22 мл свежей среды. Полученную суспензию клеток переносят в центрифужную пробирку вместимостью 50 мл и центрифугируют при температуре 4 °С и скорости 1100 об/мин в течение 10 мин. Надосадочную жидкость удаляют, осадок клеток ресуспендируют в 5 мл свежей среды. Для подсчета живых клеток смешивают 20 мкл клеточной суспензии с 80 мкл трипанового синего. Живые клетки подсчитывают под микроскопом, используя гемоцитометр (рис. 2).

Учет результатов. Значения флуоресценции измеряют в каждой лунке в относительных единицах с использованием прибора для считывания флуоресценции в планшетах. Для измерения используют длины волн возбуждения 530 нм и испускания 590 нм. Полученные данные фиксируют для последующей обработки и анализа.

Для минимизации субъективного влияния при интерпретации морфологических данных микроскопии была проведена слепая оценка. Изображения кодировались и анализировались 2 независимыми исследователями, не осведомленными о распределении групп. Консенсусное заключение формировалось на основе согласованных оценок, что обеспечивало снижение риска интерпретационного смещения (bias).

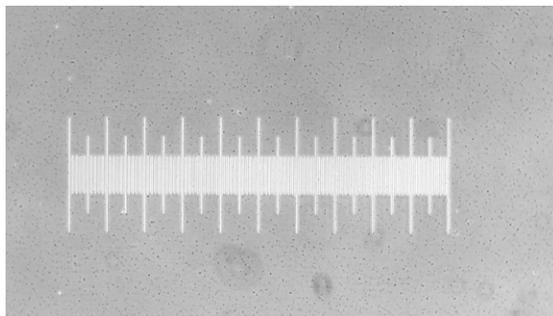


Рис. 2. Фотография объект-микрометра. Длина линейки 1 мм, 1 деление равно 0,01 мм
Fig. 2. Photograph of the object micrometer. The ruler length is 1 mm, one division is 0.01 mm

Методика статистической обработки результатов. В исследовании был использован однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) для сравнения средних значений между всеми группами на разных временных точках (24, 48, 72 ч) и тест Тьюки для попарного сравнения групп после ANOVA, что позволяет определить, какие группы различаются статистически значимо. Для проверки значимости различий между Na-КМЦ (4%) и актиномицином был использован t-критерий Стьюдента. Дисперсионный анализ (ANOVA) и t-критерий Стьюдента применялись для первичной оценки различий, при анализе данных с малым числом повторов дополнительно – непараметрический тест Манна – Уитни для межгруппового сравнения.

Этические аспекты. Данное исследование проведено в соответствии с этическими принципами Хельсинкской декларации и одобрено этическим комитетом Ташкентской медицинской академии. Все экспериментальные процедуры соответствовали институциональным и международным требованиям к проведению биомедицинских исследований.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ

На представленном графике (рис. 3) отображена динамика изменения количества клеток в лунке в течение 72 ч наблюдения для контрольной группы (клеточная культура L929), актиномицина (референтный препарат с антипролиферативной активностью) и гидрогеля на основе Na-КМЦ в концентрациях 2, 3 и 4%. В лунке с актиномицином отмечалось выраженное подавление роста культуры клеток, в связи с чем средние показатели были достоверно ($p < 0,05$) ниже, чем в остальных исследуемых лунках. В контрольной группе наблюдается стабильный рост клеток, который увеличивается линейно на протяжении всего эксперимента, достигая максимума к 72 ч. Аналогичная тенденция прослеживалась в группах с 2 и 3% Na-КМЦ, где рост клеток несколько замедлен, но незначительно отличается от контроля. При концентрации 4% Na-КМЦ отмечался менее выраженный рост, однако средние показатели количества клеток не имеют статистически достоверных различий в сравнении с лунками с контролем и с концентрациями 2 и 3%.

На графике (рис. 4) представлена динамика изменения оптической плотности при длине волны 595 нм, что отражает метаболическую активность клеточной культуры L929 в различных экспериментальных группах. В контрольной группе наблюдается

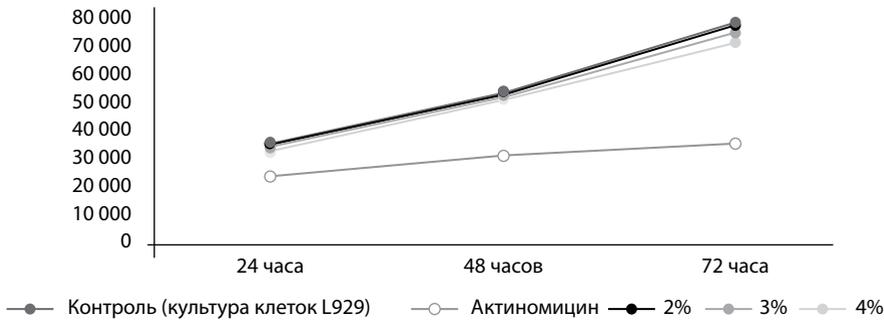


Рис. 3. Динамика показателя количества клеток в лунке в течение 72 ч наблюдения в разных лунках
Fig. 3. Dynamics of the cell count in a well during 72 hours of observation in different wells

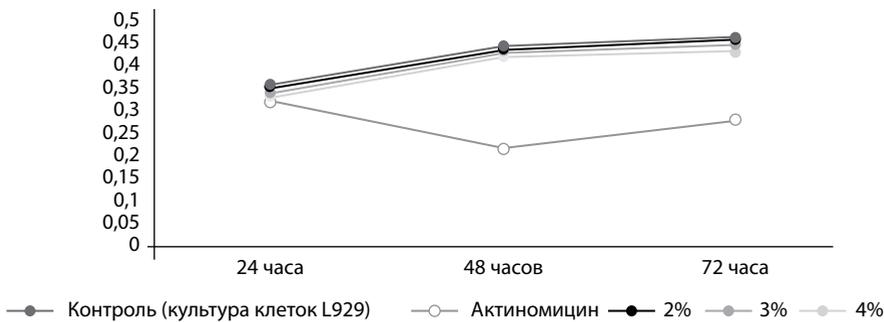


Рис. 4. Динамика показателя оптической плотности в лунке в течение 72 ч наблюдения в разных лунках
Fig. 4. Dynamics of the optical density in a well during 72 hours of observation in different wells

постепенный рост оптической плотности, что указывает на увеличение клеточной пролиферации. Аналогичная тенденция отмечается в группах с Na-КМЦ в концентрациях 2, 3 и 4%. Группы с 2 и 3% Na-КМЦ демонстрируют незначительные различия с контролем, подтверждая слабое влияние на метаболическую активность клеток.

Для оценки цитотоксического действия гидрогеля на основе Na-КМЦ на клеточную линию L929 была проведена количественная оценка жизнеспособности клеток методом окраски трипановым синим. Результаты представлены в табл. 4. Во всех группах с Na-КМЦ наблюдалась высокая жизнеспособность клеток на протяжении 72 ч, без признаков токсического действия. В отличие от них, в группе с актиномицином жизнеспособность снижалась прогрессивно, с достоверным уменьшением уже к 24 ч и выраженным падением к 72 ч.

В табл. 5 представлена морфологическая характеристика клеток через 48 ч инкубации (микроскопия, окраска кристаллическим синим). На представленных микроскопических изображениях (рис. 5) лунок через 48 ч наблюдения можно визуально оценить изменения в клеточной культуре под воздействием различных концентраций испытуемого препарата. Микроскопия клеток в контрольной лунке показывает, что клетки занимают значительную площадь лунки, демонстрируют нормальную

Таблица 4

Доля жизнеспособных клеток (%) по результатам окраски трипановым синим на 24, 48 и 72 ч (M±SD)

Table 4

Proportion of viable cells (%) according to the results of trypan blue staining at 24, 48 and 72 hours (M±SD)

| Группа | 24 ч | 48 ч | 72 ч |
|-------------|----------|----------|----------|
| Контроль | 97,5±0,9 | 96,3±1,1 | 94,8±1,4 |
| Na-КМЦ 2% | 96,8±1,2 | 95,2±1,3 | 93,6±1,5 |
| Na-КМЦ 3% | 95,4±1,3 | 93,7±1,6 | 92,1±1,7 |
| Na-КМЦ 4% | 94,0±1,5 | 91,4±1,8 | 89,9±2,1 |
| Актиномицин | 55,1±3,6 | 42,8±3,2 | 36,5±3,7 |

Таблица 5

Морфологическая характеристика клеток через 48 ч инкубации (микроскопия, окраска кристаллическим синим)

Table 5

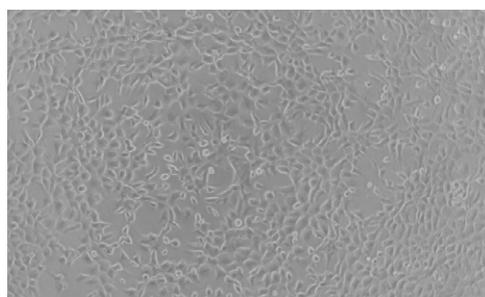
Morphological characteristics of cells after 48 hours of incubation (microscopy, crystal blue staining)

| Группа | Морфология клеток |
|-------------|---|
| Контроль | Клетки равномерно распределены по поверхности лунки, плотно прилегают к субстрату, имеют удлинённую фибробластную форму. Цитоплазма светлая, ядра овальной формы, видны четкие границы клеток. Признаков дегенерации или апоптоза не выявлено |
| Na-КМЦ 2% | Клетки сохраняют типичную фибробластную морфологию, структура сходна с контролем. Отмечается умеренное снижение плотности клеток, но без признаков деструкции. Ядра и цитоплазма отчетливо визуализируются, клеточный слой равномерный |
| Na-КМЦ 3% | Морфология клеток аналогична группе с 2% Na-КМЦ. Клетки жизнеспособны, распределены равномерно, межклеточные контакты сохранены. Незначительное снижение плотности, но без структурных изменений. Обнаруживаются единичные округлые клетки |
| Na-КМЦ 4% | Умеренное снижение клеточной плотности по сравнению с контролем. Клетки сохраняют удлинённую форму, присутствуют единичные клетки с округлой формой (возможно, на стадии деления или стресса), однако признаки апоптоза или лизиса отсутствуют |
| Актиномицин | Значительное снижение плотности клеток. Клетки преимущественно округлой формы, рыхло прикреплены, множество клеток в состоянии деструкции. Цитоплазма фрагментирована, ядра гиперхромны, отмечаются морфологические признаки апоптоза и некроза |

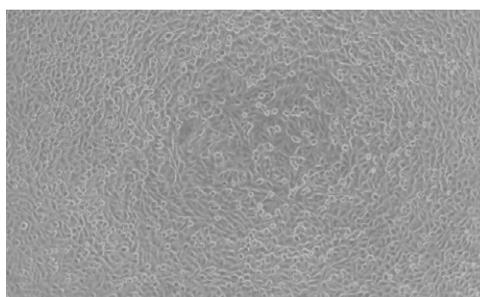
морфологию и не имеют выраженных признаков дегенерации или гибели. В лунке с актиномицином отмечаются выраженное снижение плотности клеток и признаки их гибели. Микроскопическая картина в лунках с 2, 3 и 4% растворами испытуемого препарата также практически аналогична картине в контрольной лунке.

■ ОБСУЖДЕНИЕ

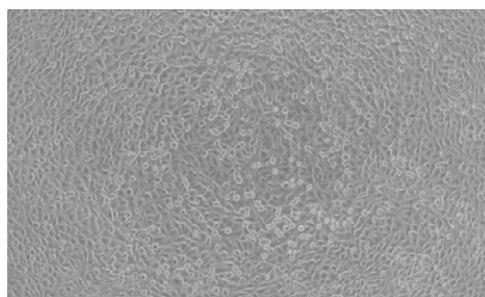
Проблема послеоперационного фиброза в хирургии глаукомы остается одной из основных причин неэффективности антиглаукоматозных операций. Активная пролиферация фибробластов в области хирургического вмешательства приводит к образованию рубцовой ткани, нарушению оттока внутриглазной жидкости и повышению внутриглазного давления [1, 3]. Стандартные антифибротические агенты, такие как митомицин С и 5-фторурацил, широко применяемые в офтальмологии, эффективны в подавлении фиброза, однако связаны с высоким риском токсических осложнений, включая некроз тканей, истончение склеры и воспаление [2, 4, 6].



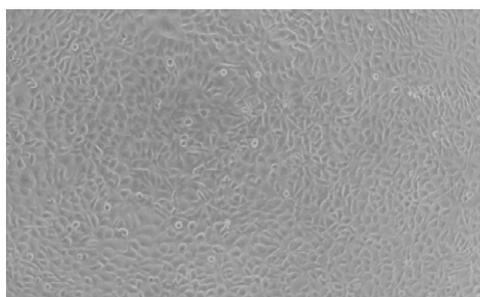
Лунка с АМ (Well with Am)



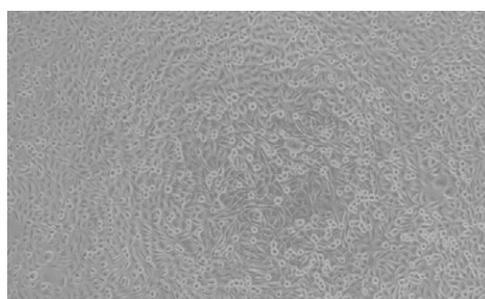
2%



3%



4%



Контроль (Control)

Рис. 5. Снимки микроскопического исследования культур клеток после 48 ч инкубации в разных лунках (окраска кристаллическим синим)
Fig. 5. Microscopic images of cell cultures after 48 hours of incubation in different wells (stained with crystal blue)

В этом контексте разработка новых средств, обладающих барьерной функцией и высокой биосовместимостью без цитотоксических эффектов, является актуальной задачей. Представленный в данном исследовании гидрогель на основе натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы (Na-КМЦ) показал высокую безопасность *in vitro* при воздействии на клеточную линию фибробластов L929. Полученные результаты демонстрируют отсутствие цитотоксического и антипролиферативного действия на клетки, что принципиально отличает его от стандартных антифибротических средств. Проведенное исследование подтвердило, что гидрогель Na-КМЦ не оказывает негативного влияния на клеточную морфологию, жизнеспособность и метаболическую

активность. Эти данные сопоставимы с результатами других работ [10–14], где гидрогели на основе карбоксиметилцеллюлозы применялись для профилактики фиброза в хирургии других локализаций, а также демонстрировали хорошую биосовместимость и эффективность. В частности, исследования применения Na-КМЦ в абдоминальной хирургии показали снижение частоты формирования спаек без существенного токсического влияния на ткани [13].

Важно отметить, что механизм действия гидрогеля Na-КМЦ, по всей вероятности, основан на создании физического барьера между поврежденными тканями, что препятствует их слипанию и активации фибробластов. Такой подход имеет значительное преимущество перед фармакологическим ингибированием клеточной пролиферации, поскольку позволяет минимизировать риск повреждения здоровых тканей и системных побочных эффектов [11, 15].

В данном исследовании использовались концентрации Na-КМЦ 2, 3 и 4%, что обусловлено следующими факторами. Во-первых, предварительные испытания показали, что при концентрациях свыше 4% гидрогель приобретает чрезмерно высокую вязкость, что затрудняет его равномерное нанесение на офтальмологические ткани и снижает клиническую применимость. Во-вторых, чрезмерная вязкость может препятствовать диффузии питательных веществ и кислорода к клеткам *in vitro*, искажая результаты цитотоксичности и жизнеспособности.

Гидрогели на основе полиэтиленгликоля (ПЭГ) широко используются в клинической практике благодаря их высокой гидрофильности, способности образовывать биосовместимые и биоразлагаемые пленки, а также высокой прозрачности. Однако, по сравнению с Na-КМЦ, ПЭГ-гидрогели зачастую требуют химической модификации и наличия инициаторов сшивки, что может сопровождаться остаточной токсичностью. Кроме того, структура ПЭГ-гидрогелей менее вязкая, что может ограничивать их эффективность в удержании на офтальмологических поверхностях [2, 4, 5]. В отличие от них, Na-КМЦ демонстрирует природную вязкость, хорошую адгезию к тканям и не требует дополнительных компонентов для стабилизации, что делает его особенно удобным в хирургических условиях глаза. Исследования [10, 12, 14] также показывают, что гидрогели на основе Na-КМЦ обладают сопоставимой или лучшей антиадгезивной активностью по сравнению с ПЭГ-полимерами, при этом отличаясь меньшим риском иммуноопосредованных реакций.

Na-КМЦ является доступным и относительно недорогим полимером, широко применяемым в фармацевтической и пищевой промышленности, что делает его производство экономически выгодным, особенно учитывая то, что он является продуктом отечественного производства в Республике Узбекистан. Кроме того, простота применения Na-КМЦ-гидрогеля снижает требования к обучению медицинского персонала и не требует изменения хирургических протоколов, что дополнительно повышает его рентабельность.

Тем не менее основным ограничением данного исследования является его проведение исключительно *in vitro*. Несмотря на убедительные результаты на клеточной культуре, для окончательной валидации эффективности и безопасности гидрогеля необходимы дальнейшие *in vivo* испытания с использованием соответствующих моделей глаукоматозных операций. В таких исследованиях необходимо будет оценить не только способность материала предотвращать фиброз, но и его влияние на исходы хирургии глаукомы, внутриглазное давление и визуальные функции пациентов.



Таким образом, полученные данные свидетельствуют о высоком потенциале гидрогеля на основе Na-КМЦ как нового антифибротического барьерного средства для офтальмохирургии. Его дальнейшее развитие и клиническая апробация могут значительно расширить арсенал безопасных методов профилактики послеоперационного фиброза в хирургии глаукомы.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показало, что гидрогель на основе натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы (Na-КМЦ) обладает высокой биосовместимостью и не оказывает цитотоксического или антипролиферативного воздействия на клетки фибробластной линии L929. В отличие от актиномицина, использование гидрогеля не сопровождалось снижением жизнеспособности клеток, что подтверждает его безопасность в условиях *in vitro*. Основной механизм действия Na-КМЦ-гидрогеля, вероятно, заключается в создании физического барьера, препятствующего развитию фиброзного процесса без активного вмешательства в клеточную пролиферацию. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности применения гидрогеля на основе Na-КМЦ в качестве антифибротического барьерного средства при хирургии глаукомы. Таким образом, гидрогель на основе натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы продемонстрировал благоприятный профиль безопасности *in vitro*, однако дальнейшее его применение должно включать обязательную фазу исследований *in vivo*.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. De Oliveira CM, Ferreira JLM. Overview of cicatricial modulators in glaucoma fistulizing surgery. *International Ophthalmology*. 2020 Oct;40(10):2789–2796. doi: 10.1007/s10792-020-01454-w
2. Shao CG, Sinha NR, Mohan RR, Weibel AD. Novel Therapies for the Prevention of Fibrosis in Glaucoma Filtration Surgery. *Biomedicines*. 2023 Feb 21;11(3):657. doi: 10.3390/biomedicines11030657
3. Dave B, Patel M, Suresh S, Gijnupalli M, Surya A, Albdour M, Kooner KS. Wound Modulations in Glaucoma Surgery: A Systematic Review. *Bioengineering (Basel)*. 2024 Apr 30;11(5):446. doi: 10.3390/bioengineering11050446
4. Collotta D, Colletta S, Carlucci V, Fruttero C, Fea AM, Collino M. Pharmacological Approaches to Modulate the Scarring Process after Glaucoma Surgery. *Pharmaceuticals (Basel)*. 2023 Jun 19;16(6):898. doi: 10.3390/ph16060898
5. Sacchi M, Tomaselli D, Ruggeri ML, Aiello FB, Sabella P, Dore S, Pinna A, Mastropasqua R, Nubile M, Agnifili L. Fighting Bleb Fibrosis After Glaucoma Surgery: Updated Focus on Key Players and Novel Targets for Therapy. *Int J Mol Sci*. 2025 Mar 5;26(5):2327. doi: 10.3390/ijms26052327
6. Wolters JEJ, van Mechelen RJS, Al Majidi R, Pinchuk L, Webers CAB, Beckers HJM, Gorgels TGMF. History, presence, and future of mitomycin C in glaucoma filtration surgery. *Curr Opin Ophthalmol*. 2021 Mar 1;32(2):148–159. doi: 10.1097/ICU.0000000000000729
7. Park H, Baek S, Kang H, Lee D. Biomaterials to Prevent Post-Operative Adhesion. *Materials (Basel)*. 2020 Jul 8;13(14):3056. doi: 10.3390/ma13143056
8. Chen X, Feng Y, Zhang P, Ni Z, Xue Y, Liu J. Hydrogel Fibers-Based Biointerfacing. *Advanced Materials*. 2025 Jan;37(4):e2413476. doi: 10.1002/adma.202413476
9. Siebert T, Moersdorf G, Colberg T. Laparoscopic application of sodium hyaluronate-carboxymethylcellulose barrier in abdominopelvic surgery: A Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses for Systematic Review Protocols-compliant systematic review and meta-analysis. *Surgery*. 2024 May;175(5):1358–1367. doi: 10.1016/j.surg.2024.01.014
10. Kunjalukkal Padmanabhan S, Lamanna L, Friuli M, Sannino A, Demitri C, Licciulli A. Carboxymethylcellulose-Based Hydrogel Obtained from Bacterial Cellulose. *Molecules*. 2023 Jan 13;28(2):829. doi: 10.3390/molecules28020829
11. Santos Filho PVD, Hirano ES. Experimental evaluation of the use of starch and carboxymethylcellulose in the prevention of intraperitoneal adhesions in hernia surgery with coated meshes. *ACTA Cirúrgica Brasileira*. 2023 Sep 18;38:e383323. doi: 10.1590/acb383323
12. Deng Y, Wang B, Jiang H, Luan W, Pan B, Li C. Sodium Carboxymethylcellulose Serves as Sustained-Release Agents for Providing Analgesia at the Donor Site After Costal Cartilage Harvesting in Ear Reconstruction. *Aesthetic Plastic Surgery*. 2024 Nov 21. doi: 10.1007/s00266-024-04504-1
13. DSouza AA, Amiji MM. Dual-Polymer Carboxymethyl Cellulose and Poly(Ethylene Oxide)-Based Gels for the Prevention of Postsurgical Adhesions. *Journal of Biomedical Materials Research. Part A*. 2025 Jan;113(1):e37852. doi: 10.1002/jbm.a.37852
14. Budharaju H, Bagewadi S, Devanathan P, Chellappan D, Chinnaswamy P, Sethuraman S, Sundaramurthi D. Carboxymethyl cellulose-agarose hydrogel in poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) nanofibers: A novel tissue engineered skin graft. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2024 Apr;264(Pt 1):130565. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2024.130565
15. Lin G, Ramdas S, Hadid H, Van Vleet J, Lue TF, Poulakidas S. Regulating Tissue Growth Factors for Healing With Etherified Carboxymethylcellulose Matrix. *Journal of Burn Care & Research*. 2024 Nov 14;45(6):1566–1576. doi: 10.1093/jbcr/irae124



Джессика Мэтью ✉, Брайан Лаудермилк
Компания Alcon, США

Эффективность фильтрации ультрафиолетового и высокоэнергетического видимого света (синего света) контактных линз TOTAL30®

Конфликт интересов: авторы являются сотрудниками компании «Алкон».

Подана: 23.06.2025

Принята: 08.09.2025

Контакты: jessica.mathew@alcon.net

Резюме

Контактные линзы TOTAL30® (лефилкон А) эффективно фильтруют ультрафиолетовое (УФ) и высокоэнергетическое видимое (HEVL) излучение, снижая потенциальный риск повреждения тканей глаза. Исследования подтверждают, что длительное воздействие УФ-излучения может вызывать необратимые поражения глаз и кожи вокруг них. Также есть данные, что избыточное HEVL-излучение может повреждать клетки сетчатки и приводить к зрительному дискомфорту, включая глэр-эффект и усталость глаз. Контактные линзы TOTAL30® обеспечивают УФ-защиту класса I, блокируя 97,6% UVA- и 99,7% UVB-лучей. Кроме того, они фильтруют 34% HEVL-света в диапазоне 380–450 нм аналогично очковым линзам, специально разработанным для фильтрации синего света (Crizal Previncia – 28%, DURAVISION BlueProtect – 26%). Таким образом, линзы TOTAL30® сочетают комфорт ношения контактной коррекции с эффективной защитой от УФ- и HEVL-излучения, предлагая пациентам альтернативу очковой коррекции с аналогичными фильтрующими свойствами.

Ключевые слова: защита от УФ- и HEVL-излучения, фильтрация синего света, контактные линзы

Jessica Mathew ✉, Brian Loudermilk
Alcon Company, USA

Efficacy of Ultraviolet and High-Energy Visible (Blue Light) Filtration by Total30® Contact Lenses

Conflict of interest: the authors are employees of Alcon.

Submitted: 23.06.2025

Accepted: 08.09.2025

Contacts: jessica.mathew@alcon.net

Abstract

TOTAL30® contact lenses (leofilcon A) effectively filter ultraviolet (UV) and high-energy visible (HEVL) light, helping reduce the potential risk of damage to eye tissues. Studies

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ: ВОДОГРАДИЕНТНЫЕ ЛИНЗЫ¹



ВОДОГРАДИЕНТНЫЕ ЛИНЗЫ НА МЕСЯЦ НОШЕНИЯ

ЛИНЗЫ, КОТОРЫЕ НЕ ЧУВСТВУЕШЬ ДАЖЕ НА 30 ДЕНЬ²



**ВОДОГРАДИЕНТНЫЙ
МАТЕРИАЛ СО ~100%
ВЛАГОСОДЕРЖАНИЕМ
НА ПОВЕРХНОСТИ ЛИНЗЫ^{3,4*}**



**ЗАЩИТА
ОТ БАКТЕРИЙ,
БЕЛКОВ, ЛИПИДОВ^{5,6}**



**ЗАЩИТА ГЛАЗ
ОТ УЛЬТРАФИОЛЕТА
И СИНЕГО СВЕТА^{7,8}**



**ВСТУПАЙТЕ В КЛУБ
ПРОФЕССИОНАЛОВ «МОИГЛАЗА»**

Вебинары от экспертов, онлайн-тренинги,
обзоры научных публикаций, записи конференций



*Основано на in vitro испытаниях ношенных линз. 1. Kazuhiko Ishihara, Xinfeng Shi, Kyoko Fukazawa, Tetsuji Yamaoka, George Yao, and James Yuliang Wu Biomimetic-Engineered Silicone Hydrogel Contact Lens Materials. ACS Applied Bio Materials 2023 6 (9), 3600-3616 DOI: 10.1021/acsbm.3c00296. 2. В клиническом исследовании, в котором пациенты (n=66) использовали раствор ACSEPT для ночной очистки, дезинфекции и хранения; данные исследования Alcon, 2021 год. 3. Анализ кислородопроницаемости, содержания воды и визуализации поверхности линз in vitro; данные исследования Alcon, 2021 год. 4. Analysis in vitro мягкости наружной поверхности контактных линз из полифликона А и корреляция с содержанием воды; данные исследования Alcon, 2021 год. 5. Shi X, Cantu-Crouch D, Sharma V, et al. Surface characterization of a silicone hydrogel contact lens having bioinspired 2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine polymer layer in hydrated state [published online ahead of print, 2020 Dec 21]. Colloids Surf B Biointerfaces. 2020, 199:111539. 6. Ishihara K, Fukazawa K, Sharma V, Liang S, et al. Antifouling silicone hydrogel contact lenses with a bioinspired 2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine polymer surface. ACS Omega. 2021;6:7058-7067. 7. Линзы фильтруют 34% синего света. Лабораторная оценка свойств контактных линз из полифликона А, пропускающих ультрафиолетовой и видимый свет, с использованием спектрофотометра; Данные Alcon за 2020 год. Клиническая польза от уменьшения синие-фиолетового излучения на длинах волн ниже 450 нм не доказана. Тестирование фильтрации синие-фиолетового света проводилось на сферических линзах из полифликона А. 8. УФ-защита Класса I (блокирует более 90% УФ-А лучей UVA и 99% УФ-В лучей). Лабораторная оценка свойств контактных линз из полифликона А по пропусканию ультрафиолетового и видимого света с использованием спектрофотометра; данные исследования Alcon, 2020 год. Контактные линзы с УФ-фильтром НЕ являются полноценной заменой солнцезащитных очков с УФ-фильтром, так как не полностью закрывают глаз и зону вокруг глаза. ВУ-Т30-250001. Регистрационное Удостоверение ИМ-7.11596 бессрочно. Уполномоченный представитель производителя на территории Российской Федерации / импортер / организация, принимающая претензии на территории Республики Беларусь: ООО "Алкон Фармацевтика". Россия, Москва, Ленинградский пр-т, д. 72, корп. 3. тел. +7 (495) 961-1333.

**ИНФОРМАЦИЯ ПРЕДНАЗНАЧЕНА ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ И ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ.
ИЗДЕЛИЕ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ. РЕКЛАМА. ИМЕЮТСЯ ПРОТИВПОКАЗАНИЯ И
НЕЖЕЛАТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ. ОЗНАКОМЬТЕСЬ С ИНСТРУКЦИЕЙ ПЕРЕД ПРИМЕНЕНИЕМ**

Alcon



confirm that prolonged exposure to UV radiation can cause irreversible damage to the eyes and the surrounding skin. There is also evidence that excessive HEVL exposure may damage retinal cells and lead to visual discomfort, including glare effects and eye fatigue. TOTAL30® lenses provide Class I UV protection, blocking 97.6% of UVA and 99.7% of UVB rays. In addition, they filter 34% of HEVL light in the 380–450 nm range – comparable to spectacle lenses specifically designed to block blue light, such as Crizal Previncia (28%) and DURAVISION BlueProtect (26%). TOTAL30® lenses combine the comfort of contact lens wear with effective protection against UV and HEVL exposure, offering patients an alternative to glasses with similar filtering properties.

Keywords: UV and HEVL protection, blue light filtration, contact lenses

Воздействие ультрафиолетового и высокоэнергетического излучения на глаза

Контактные линзы TOTAL30® (лефилкон А) помогают фильтровать ультрафиолетовый (УФ) и высокоэнергетический видимый свет (HEVL) (сине-фиолетовый свет), попадающий в глаза*. **. Литература подтверждает, что большие дозы и длительное (пожизненное) воздействие ультрафиолета могут вызвать необратимые повреждения или заболевания различных тканей глаза и окружающих его структур, включая роговицу, конъюнктиву, хрусталик, сетчатку, кожу вокруг глаз и веки [1].

В экспериментах *in vitro* было показано, что экстремально большие дозы (превышающие нормальное воздействие) HEVL вызывают повреждение клеток сетчатки, при этом пик воздействия приходится на длину волны меньше 450 нм [2]. Неизвестно, может ли постоянное воздействие HEVL от солнечного света способствовать повреждению сетчатки. В некоторых источниках говорится о том, что HEVL может вызывать симптомы глэр-эффекта [3, 4]. Существуют отдельные предположения, что высокоэнергетический видимый свет, излучаемый цифровыми устройствами, способствует возникновению симптомов усталости глаз и головной боли, но прямых доказательств недостаточно, и эти симптомы, более вероятно, вызваны просто длительным временем, проведенным перед цифровыми устройствами, и связанным с этим уменьшением частоты моргания. Несмотря на это, фильтрация УФ-излучения и лучей сине-фиолетовой части спектра является востребованным свойством при выборе очковых линз как среди специалистов по коррекции зрения, так и среди пациентов.

Свойства ультрафиолетового излучения

Длины волн UVA- и UVB-излучения находятся в диапазоне 280–380 нм и являются невидимыми для глаза (рис. 1). UVA- и UVB-лучи легко проходят через атмосферу и представляют опасность, так как могут вызвать повреждение кожи и глаз. UVC-излучение создает меньшую опасность, поскольку оно эффективно поглощается атмосферой и не достигает поверхности Земли [1, 5, 6].

* Контактные линзы с УФ-фильтром не заменяют солнцезащитные очки с УФ-фильтром, поскольку они не полностью закрывают глаз и окружающую область. Пациент должен продолжать использовать очки, поглощающие УФ-излучение, в соответствии с инструкциями.

** В настоящее время нет исследований, доказывающих клиническую пользу уменьшения воздействия видимого света с длиной волны менее 450 нм.

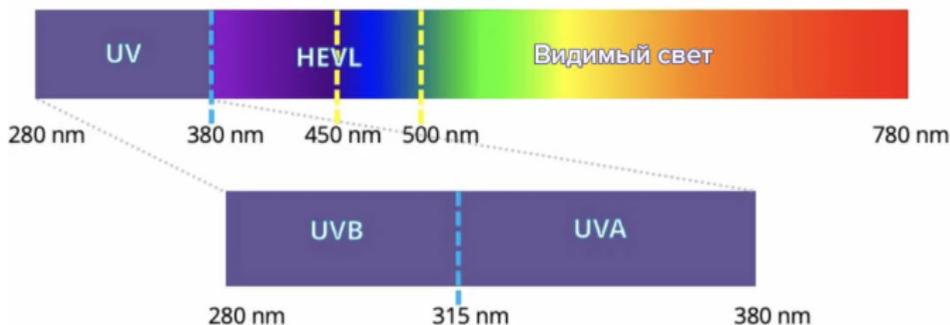


Рис. 1. Области ультрафиолетового света, представляющие интерес с точки зрения воздействия на глаза

Fig. 1. Regions of ultraviolet light of interest in terms of eye effects

Блокирующие ультрафиолет контактные линзы могут значительно уменьшить количество УФ-излучения, поглощаемого роговицей и хрусталиком и, в меньшей степени, сетчаткой. Важно помнить, что контактные линзы не защищают конъюнктиву глаза за пределами края и не обеспечивают защиту век или кожи вокруг глаз. Защита от ультрафиолета в контактных линзах может быть особенно полезна в определенных обстоятельствах, когда ношение солнцезащитных очков и/или шляп невозможно или непрактично.

Существуют две классификации УФ-фильтров для контактных линз, определенные ISO 18369-2, стандартом ANSI Z80.20, а также признанные FDA: класс I и класс II. Класс I обеспечивает наибольшую защиту от UVA- и UVB-излучения, в то время как класс II блокирует меньше UVA и UVB и не так хорошо защищает. Защита класса I должна блокировать >90,0% UVA (315–380 нм) и >99,0% UVB (280–315 нм). Защита класса II должна блокировать >50,0% UVA (315–380 нм) и >95,0% UVB (280–315 нм) [7].

Свойства высокоэнергетического видимого света

Длины волн HEVL находятся в диапазоне примерно 380–500 нм и являются видимыми длинами волн света (рис. 2). Термин «высокоэнергетический» подразумевает, что свет указанной длины волны имеет самую высокую энергию среди видимого спектра. Длины волн HEVL 380–450 нм находятся в сине-фиолетовом диапазоне, а длины волн 450–500 нм – в сине-бирюзовом [8].

В некоторых отраслях (например, в производстве очковых линз) сине-фиолетовый и сине-бирюзовый высокоэнергетический свет называют синим светом; однако свет в сине-фиолетовом (380–450 нм) диапазоне кажется наблюдателю более фиолетовым, а свет в сине-бирюзовом (450–500 нм) – более синим [8]. Следовательно, часто используемый термин «синий свет» является не совсем корректным. Очковые линзы, фильтрующие синий свет, в основном фильтруют HEVL в фиолетовом спектре (380–450 нм). Таким образом, более подходящим термином будет «фильтрация высокоэнергетического видимого света».

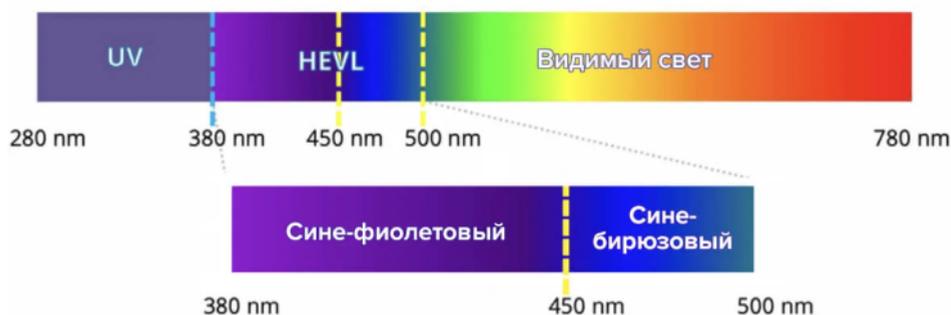


Рис. 2. Области высокоэнергетического видимого света (HEVL), представляющие интерес с точки зрения воздействия на глаза

Fig. 2. High-energy visible light (HEVL) regions of interest for ocular effects

Эффективность фильтра УФ- и HEVL-излучения в контактных линзах TOTAL30® по сравнению с очковыми линзами

Были проведены исследования для оценки светопропускания контактных линз TOTAL30® по сравнению с двумя очковыми линзами, представленными на рынке как фильтрующие синий свет, – Crizal Prevencia и DURAVISION BlueProtect [9–11]. Тестируемые контактные линзы и очковые линзы оценивались в ультрафиолетовом и видимом диапазоне длин волн с помощью УФ-спектрофотометра и системы интегрирующей сферы. Результаты были представлены в виде среднего количества (%) пропущенного света по всей протяженности спектра для всех протестированных линз.

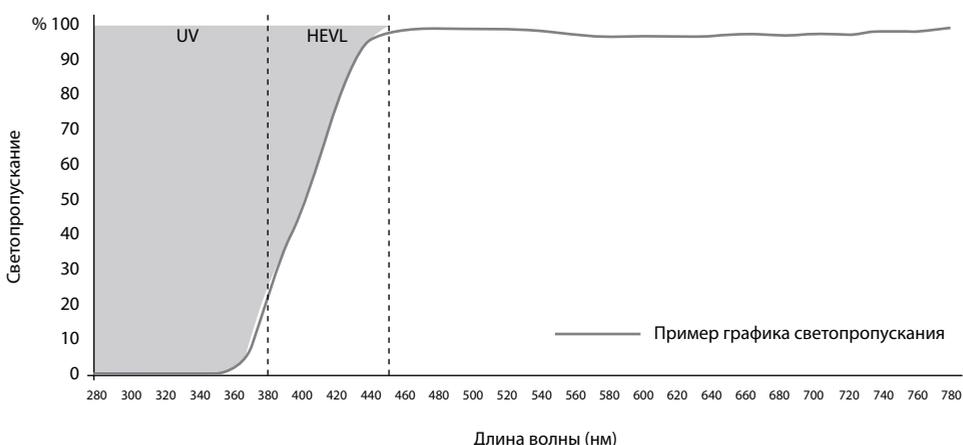


Рис. 3. Области высокоэнергетического видимого (HEVL) света, представляющие интерес с точки зрения воздействия на глаза

Fig. 3. Regions of high-energy visible (HEVL) light of interest for ocular effects

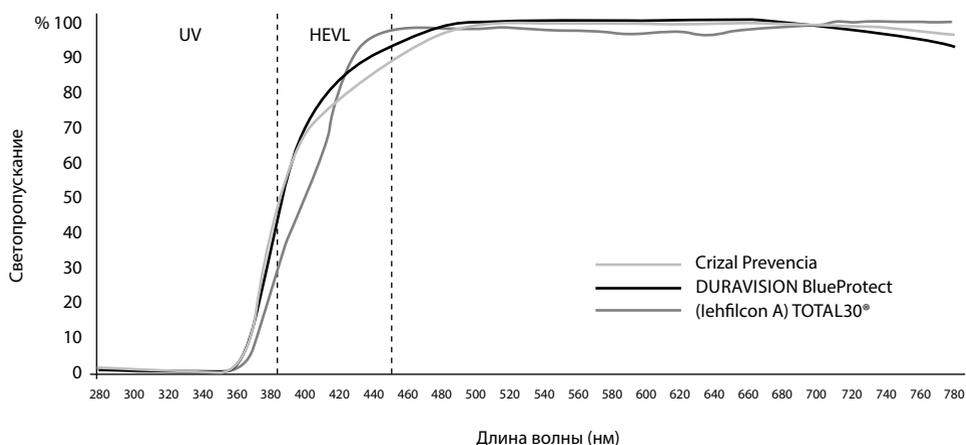


Рис. 4. Сравнение степени фильтрации HEVL на аналогичных длинах волн контактных линз TOTAL30® и очковых линз Crizal Prevencia и DURAVISION BlueProtect
Fig. 4. Comparison of the HEVL filtration rate at similar wavelengths of TOTAL30® contact lenses and Crizal Prevencia and DURAVISION BlueProtect spectacle lenses

Серая область на рис. 3 показывает процент ультрафиолетового света и HEVL, отфильтрованного каждой линзой. Результаты показали, что TOTAL30® блокирует 97,6% UVA-лучей и 99,7% UVB-лучей (рис. 4) [9, 10], что соответствует требованиям класса I для УФ-излучения.

Результаты также показали, что контактные линзы TOTAL30® отфильтровывают 34% HEVL с длиной волны в диапазоне от 380 до 450 нм (рис. 4, таблица) [9, 10]. Очковые линзы Crizal Prevencia и DURAVISION BlueProtect отфильтровывают 28% и 26% соответственно в том же диапазоне – от 380 до 450 нм (рис. 4, таблица) [11]. Результаты показывают, что контактные линзы TOTAL30® обеспечивают аналогичную степень фильтрации HEVL по сравнению с двумя протестированными очковыми линзами, которые позиционируются как обеспечивающие фильтрацию синего света: Crizal Prevencia и DURAVISION BlueProtect.

Для специалистов и пациентов, заинтересованных в HEVL-фильтре (фильтре синего света), такая опция доступна не только в этих видах очковых линз, но и в контактных линзах TOTAL30®, обеспечивающих такую же степень защиты.

Сравнение степени фильтрации HEVL на аналогичных длинах волн у контактных линз TOTAL30® и очковых линз Crizal Prevencia и DURAVISION BlueProtect
Comparison of the degree of HEVL filtration at similar wavelengths in TOTAL30® contact lenses and Crizal Prevencia and DURAVISION BlueProtect spectacle lenses

| Линзы | HEVL средний % фильтрации (380–450 нм) |
|------------------------|--|
| TOTAL30® (lehficon A) | 34% |
| Crizal Prevencia | 28% |
| DURAVISION BlueProtect | 26% |



■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

УФ- и HEVL-фильтрация в линзах для коррекции зрения является востребованной опцией как среди специалистов, так и среди пациентов.

Контактные линзы TOTAL30® обеспечивают УФ-защиту класса I и защиту от синевioletового света. Кроме того, контактные линзы TOTAL30® обеспечивают такую же степень фильтрации HEVL на аналогичных длинах волн, как и очковые линзы Crizal Prevencia и DURAVISION BlueProtect, и предлагают пациентам, предпочитающим эти свойства, возможность коррекции зрения без очков.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Izadi M., Jonaidi-Jafari N., Pourazizi M., et al. Photokeratitis induced by ultraviolet radiation in travelers: A major health problem. *J Post Grad Med.* 2018;64(1):40–46.
2. Ouyang X., et al. Mechanisms of blue light-induced eye hazard and protective measures: a review. *Biomedicine & Pharmacotherapy.* 2020;130(110577).
3. Colombo L., et al. Visual function improvement using photochromic and selective blue-violet light filtering spectacle lenses in patients affected by retinal diseases. *BMC Ophthalmol.* 2017;17:149.
4. Gray R., et al. Effects of a blue light-filtering intraocular lens on driving safety in glare conditions. *J Cataract Refract Surg.* 2012;38:816–822.
5. Majdi M., Milani B., Movahedan A., et al. The Role of Ultraviolet Radiation in the Ocular System of Mammals: Review. *Photonics.* 2014;1:347–368.
6. Behar-Cohen F., Baillet G., Ayguavives T., et al. Ultraviolet damage to the eye revisited: eye-sun protection factor (E-SPF), a new ultraviolet protection label for eyewear. *Clin Ophthalmol.* 2014;8:87–104.
7. American National Standard Institute (ANSI) Z80.20-2016: for Ophthalmics – Contact Lenses – Standard Terminology, Tolerances, Measurements and Physicochemical Properties.
8. Dot C., et al. Position Paper: Ocular light toxicity and the requirement for protection. *International Review of Ophthalmic Optics.* 2017. (www.pointsdevue.com)
9. Alcon research data, 2018.
10. Alcon research data, 2020.



Bobykin E. ✉, Korotkikh S., Krokhaliev V., Varezhkina E., Tretyakova Yu., Mineeva A.
Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia

Assessment of the Feasibility of Determining Clinical Refraction of Medical Students in Practical Classes in Ophthalmology

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: the concept and design of research, editing, final approval of the article version for publication – Bobykin E.; the concept and design of research, editing, final approval of the article version for publication – Korotkikh S.; editing, processing – Krokhaliev V.; collecting material, processing, writing text – Varezhkina E.; collecting material, processing, writing text – Tretyakova Yu.; editing, processing, writing text – Mineeva A.

Submitted: 21.05.2025

Accepted: 08.09.2025

Contacts: oculist.ev@gmail.com

Abstract

Purpose. To assess the feasibility of determining the clinical refraction of medical students during practical classes in ophthalmology.

Materials and methods. An oral survey, an objective determination of dynamic clinical refraction, and a comparison of the results of self-assessment and examination were carried out. As well as an anonymous survey on self-assessment of eyes condition and visual functions using an original questionnaire (a total of 49 students, including 35 women, of whom 47 people completed the survey – 33 women and 14 men, average age 22.74 [22.08; 23.41] years, who made up the study group).

Results. Students' self-assessment of the state of clinical refraction and results of objective examination coincided in most cases. Autorefractometry revealed myopia in 32 of 49 study participants (65.3%), hyperopia in 2 (4.1%), and astigmatism in 11 (22.4%). Almost all – 97.1% – students who took part in the study positively assessed the opportunity to determine clinical refraction; many of them – 46.8% – received new information about their own vision.

Conclusion. Determining the clinical refraction of medical students in practical classes in ophthalmology increases their awareness of their health status.

Keywords: clinical refraction, student, medical university, self-esteem, anonymous survey, myopia, ophthalmology



Бобыкин Е.В. ✉, Коротких С.А., Крохалев В.Я., Варезкина Е.С., Третьякова Ю.Д.,
Минеева А.Н.

Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия

Оценка целесообразности определения клинической рефракции студентов медицинского вуза на практических занятиях по офтальмологии

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: концепция и дизайн исследования, редактирование, окончательное одобрение варианта статьи для опубликования – Бобыкин Е.В.; концепция и дизайн исследования, редактирование, окончательное одобрение варианта статьи для опубликования – Коротких С.А.; редактирование, обработка данных – Крохалев В.Я.; сбор материала, обработка данных, написание текста – Варезкина Е.С.; сбор материала, обработка данных, написание текста – Третьякова Ю.Д.; редактирование, обработка данных, написание текста – Минеева А.Н.

Подана: 21.05.2025

Принята: 08.09.2025

Контакты: oculist.ev@gmail.com

Резюме

Цель. Оценить целесообразность определения клинической рефракции студентов медицинского вуза в ходе практических занятий по офтальмологии.

Материалы и методы. Проведены устный опрос, определение динамической клинической рефракции с последующим сравнением результатов самооценки и обследования, а также анонимный опрос о состоянии зрения с использованием оригинальной анкеты (всего 49 студентов, включая 35 женщин, из которых прошли анкетирование 47 человек, в том числе 33 женщины, средний возраст 22,74 [22,08; 23,41] года, составивших исследуемую группу).

Результаты. Самооценка участниками исследования состояния клинической рефракции, как правило, совпадала с результатами объективного обследования. По данным авторефрактометрии миопия выявлена у 32 из 49 участников исследования (65,3%), гиперметропия – у 2 (4,1%), а астигматизм – у 11 (22,4%). Почти все (97,1%) студенты оценили возможность определить клиническую рефракцию позитивно, при этом многие (46,8%) получили новую информацию о собственном зрении.

Выводы. Определение клинической рефракции студентов-медиков в ходе практических занятий по офтальмологии повышает их информированность о состоянии здоровья.

Ключевые слова: клиническая рефракция, студент, медицинский вуз, самооценка, анонимный опрос, миопия, офтальмология

■ INTRODUCTION

It is known that the prevalence of visual impairment among medical students exceeds the average in the population [1, 2]. This is primarily due to significant, multi-hour visual loads at close range, which positively correlate with the probability of developing myopia [3, 4]. Visual impairment can have a significant negative impact on the quality of students' education, their academic performance, and their employment prospects [5].

The relevance of the problem is confirmed by the results of a number of latter domestic studies [6–8]. A recent survey of 549 senior students from several Russian medical universities confirmed the significant prevalence of ametropia (59.4%), astigmatism (25.5%), and various eye diseases (4.9%), combined with the insufficient awareness of many study participants about their vision. Thus, 21.9% of respondents reported that they do not know their clinical refraction, and some students indicated that they do not understand the meaning of the terms "clinical refraction" (2.6%) and "astigmatism" (0.7%) after completing their ophthalmology training. The authors of the study suggested to the departmental teams teaching ophthalmology to pay more attention on medical examining students during practical classes [9].

■ THE PURPOSE OF THE STUDY

Evaluate the feasibility of determining the clinical refraction of medical students during practical classes in ophthalmology.

■ MATERIALS AND METHODS

The study design, which included the stages listed below, was approved at a meeting of the Department of Ophthalmology of the Ural State Medical University (USMU) on August 31, 2023 (Protocol No. 1):

1. An oral survey by a department teacher of students from several randomly selected groups of the Faculty of Treatment and Prevention (FTP), studying at the department, about their self-assessment of the state of clinical refraction, conducted after discussing the relevant topic.
2. Objective determination of dynamic clinical refraction (autorefractometry using the Huvitz HRK-7000A device, Republic of Korea) of students during a practical lesson with a brief discussion and recommendations from the teacher (in questionable cases, clinical refraction was additionally determined using a set of trial spectacle lenses).
3. Comparison of the results obtained from self-assessment and examination.
4. After completing the course (before the educational testing), a voluntary anonymous online survey of students on self-assessment of the condition of the eyes and visual functions was conducted using a modified version of the original questionnaire developed at the Department of Ophthalmology of USMU in 2023 [10] and previously used to survey students of a number of universities from several cities in Russia [9]. The interactive questionnaire, compiled in the Google Forms application, contains 17 questions (including 13 mandatory ones), the wording of which and the answer options are presented in Table 2. Access to the survey was granted to respondents who confirmed that they were fifth-year students of the USMU Faculty of Medicine and Prevention and agreed to take part in it. To conduct this study, the questionnaire was supplemented with two questions: "How do you feel about the opportunity to check your clinical refraction during practical classes in ophthalmology?" (No. 5) and "How much the data on your clinical refraction obtained during practical classes in ophthalmology correspond to your previous awareness about it?" (No. 6).

It is known that young people, including students, are considered a "vulnerable group" of the population when conducting research. For this reason, we received permission from the Local Ethics Committee of JSC "Ekaterinburg Center of the Scientific and Technical Complex "Microsurgery of the Eye" (Protocol No. 2 dated 01/24/2024); the study used



only standard non-invasive diagnostic methods and a survey conducted on a voluntary basis. In addition, in our opinion, raising awareness (including about the state of one's own health and methods of maintaining it) is one of the areas of protecting "vulnerable groups" [11].

Inclusion criteria: randomly selected 5th-year students of the Faculty of Medicine and Prevention of the Ural State Medical University, who studied in the discipline "Ophthalmology" (specialty) in the 2023/2024 academic year and confirmed their consent to participate in the study on terms of anonymity (without restrictions on gender, age and ethnicity). Exclusion criterion: lack of student consent to participate in the study.

The study involved students from four groups – 49 people (35 women and 14 men), of which 47 students (33 women and 14 men; average age 22.74 (22.08; 23.41) years) took part in the survey, making up the study group.

We also compared the survey results with previously published responses from 5th-year students of the medical and preventive faculty of USMU [10], received in the 2022/23 academic year (comparison group – 96 people, including 74 women, average age 22.44 (22.22; 22.66) years).

The Statistica 13.3 program was used to perform statistical analysis. The following were used as descriptive statistics for the variables: median with 25% and 75% quartiles (lower and upper quartiles); mean values and 95% confidence interval limits for the mean. The nonparametric Mann – Whitney U-test was used to compare the parameters of two independent samples (since the hypothesis of normality for the variables under consideration was rejected based on the results of the Shapiro – Wilk test). Comparison of two qualitative features in two unrelated samples, expressed as percentages (comparison of relative frequencies in two groups) as applied to 2x2 tables, was performed using the chi-square test and Fisher's exact test. Statistical hypotheses were tested at a significance level of 0.05.

■ RESULTS

The objective examination data in most cases corresponded to the results of the clinical refraction state according to the self-assessment stated during the survey by the teacher (Table 1). According to the results of autorefractometry, the types of clinical refraction were distributed as follows: emmetropia in 15 of 49 students (30.6%), hypermetropia in 2 (4.1%), myopia in 32 (65.3%); astigmatism was detected in 11 cases (22.4%). It should be noted that a significant part of the study participants – 13 people (26.5%) – reported during the oral survey that they were not sure of their answer. Some of the students who considered themselves emmetropic were found to have latent hypermetropia or mild myopia.

Table 1
Dynamic clinical refraction of students (n=49)

| Type of clinical refraction | Self-assessment before examination (survey) | Survey data | |
|-----------------------------|---|-------------------|------------------------------|
| | Abs. (%) | total Abs. (%) | with astigmatism Abs. (%) |
| Emmetropia | 18 (36.7) | 15 (30.6) | 0 |
| Hypermetropia | 0 | 2 (4.1) | 0 |
| Myopia | 31 (63.3) | 32 (65.3) | 11 (22.4) |

Note: Abs. – absolute value.

The online survey was completed by 47 out of 49 (95.9%) study participants (Table 2). The answers to the question about the subjective assessment of their vision (No. 3) were distributed as follows: "excellent" – 8 (17.0%) answers, "good" – 12 (25.5%), "satisfactory" – 17 (36.2%), "poor" – 10 (21.3%). When answering the question about clinical refraction (No. 4), 34 students (72.3%) reported that they have myopia (including mild myopia – 21, moderate myopia – 9, high myopia – 4), 13 people (27.7%) chose the option "emmetropia". Also, 13 respondents (27.7%) confirmed that they have astigmatism (question No. 7), 32 (68.1%) reported that they do not have it, and another two (4.3%) chose the option "I don't know for sure".

Almost all the students who took part in the survey (46; 97.9%) positively assessed the opportunity to check their clinical refraction during practical classes (question No. 6), one person (2.1%) answered neutrally. Answering question No. 7, almost half of the study participants – 22; 46.8% – reported that they received new information for themselves: the initial awareness about clinical refraction and the examination data during the practical class fully corresponded in 24 cases (51.1%), partially coincided – in 17 cases (36.2%), did not correspond at all in 5 students (10.6%), and another person (2.1%) found it difficult to answer this question.

33 (70.2%) students, answering question No. 8, reported that they have decreased central vision, while almost all of them (31/33) have only impaired distance visual acuity. When answering question No. 11, slightly less than half of the students (23; 48.9%) noted that they use optical vision correction (most of them – 17 people, 73.9% – glasses), and another 5 (10.6%) study participants plan to start using it in the near future. Impairment of other visual functions appeared in only one (2.1%) answer to question No. 9: a student reported impairment of peripheral vision.

The answers to question No. 10 (about limitations caused by vision problems) were distributed as follows: "in studying" – 12 (25.5%), "in driving a car" – 8 (17.0%), "in spending leisure time/hobbies" – 4 (8.5%), "in playing sports" and "in work" – one each (2.1%).

Most of the study participants had their eyesight checked within the last year (36; 76.6%), less frequently the option "several years ago" was mentioned (7 respondents; 14.9%), and 4 people (8.5%) had their eyesight checked before entering the university (question No. 12). In response to question No. 13, most respondents (30; 63.8%) reported that they had visited an ophthalmologist within the last year, less frequently the answer options "before entering the university" were mentioned – 7 (14.9%), "several years ago" – 6 (12.8%), "I don't remember" (3; 6.4%) and "never" (1; 2.1%).

Concomitant pathology of the visual analyzer (suspected glaucoma, ophthalmic herpes in remission) appeared in two (4.3%) responses to question No. 14.

More than half of the survey participants (29 people, 61.7%) answered affirmatively to the question "Do you think that your eyesight has deteriorated over the past few years?" (No. 15); negative answers were received from 13 respondents (27.7%), and 5 respondents (10.6%) found it difficult to answer. Thirty respondents answered the question about the reasons for the continuing deterioration of eyesight (No. 16): "excessive visual strain" was named by 25 people (53.2% of the survey participants and 83.3% of those who answered the question); "emotional stress" and "improper organization of the workplace" were named by 2 students each (4.3%; 6.7%), and "physical overexertion" – by 1 student (2.1%; 3.3%).



The average score that survey participants gave to assess the importance of good vision was 9.51 (9.14; 9.88) (on a conditional scale with a minimum value of 1 and a maximum of 10), including "10 points" – 36 answers, "9 points" – 6, "8 points" – 3, "3 points" and "6 points" – one each.

Comparison of the survey results of students who studied in different years revealed only isolated differences that were statistically confirmed at a significance level of 0.05. Moreover, reliable differences linked only questions related to self-assessment of the state of clinical refraction and astigmatism, the definition of which was made in close attention. In particular, students who studied in the 2023/24 academic year were significantly more likely to consider themselves emmetropic (27.7% versus 10.4%, $p < 0.01$) and significantly more likely to report the absence of astigmatism (68.1% and 50.0%, respectively, $p = 0.04$) than their older colleagues. It should be noted that when answering questions No. 4 and No. 7 in the study group, the answer options indicating the students' insufficient awareness of their health and lack of understanding of the terms were much less common, which we consider a positive result of the mandatory examination of clinical refraction. Thus, to the question "Do you know your clinical refraction?" the answer option "I don't know" was chosen by 16.7% and 0.0% in the comparison group and in the study group, respectively ($p < 0.01$), and the option "I don't know what "clinical refraction" is" was chosen by 4.2% and 0.0% ($p = 0.15$). The proportion of answers to the question "Do you have astigmatism?" was as follows in the study group and the comparison group: "I don't know for sure" – 12.5% and 4.3% ($p = 0.12$); "I don't know what "astigmatism" is" – 2.1% and 0.0% ($p = 0.32$), respectively.

Another positive aspect was the higher involvement of the study participants (95.9% of the students surveyed took part in the survey, while a year earlier we managed to attract only 26.0% of the students in the course to participate), which may indicate greater interest from the audience.

■ DISCUSSION

To the ancient the Chinese thinker Confucius is credited with the famous quote "Tell me – and I will forget, show me – and I will remember, let me do – and I will understand". It is consonant with the well-known concept of the National Training Laboratories Institute in the USA, which evaluates the influence of teaching methods on the quality of perception of material and is known as the "Learning Pyramid", according to which the degree of assimilation of information by listeners increases from 5% in a classic lecture (a teacher's monologue, not accompanied by slides or any other illustrations) to 50% and 75%, respectively, in such types of "active learning" accompanied by the involvement of participants in the educational process in active cognitive activities, such as group discussion and practical implementation of specific work [12, 13].

The most important problem is the low motivation of students to study [14, 15], one of the ways to solve which is to stimulate the individual's personal interest in studying the discipline/specialty [16, 17]. It is known that active teaching methods increase students' interest and the quality of material assimilation, the effectiveness and productivity of learning, and develop their creative abilities [18], and the use of interactive pedagogical methods helps to increase students' interest in the lesson, stimulates discussion and subject-matter communication between students while completing the assignment [19]. It is believed that "participation of students in self-examination and mutual examination

Table 2
Comparison of anonymous student survey results in the 2023/24 (n=47) and 2022/23 (n=96) academic year

| Question, answer options | Group | | p-value | |
|--|---|--|---------------|-------|
| | Subject (5th year of FTP, 2023/24 academic year, n=47) | Comparisons (5th year of FTP, 2022/23 academic year, n=96) | | |
| 1. How old are you in full (indicate the number in Arabic numerals)? (mean and confidence intervals; median and quartiles, years) | 22.74 (22.08; 23.41) 22 [22; 23] | 22.44 (22.22; 22.66) 22 [22; 23] | 0.74 | |
| 2. Please indicate your gender | Female | 33/47 (70.2%) | 74/96 (77.1%) | 0.37 |
| | Male | 14/47 (29.8%) | 22/96 (22.9%) | 0.37 |
| 3. How do you rate your vision? | How excellent | 8/47 (17.0%) | 14/96 (14.6%) | 0.71 |
| | How good | 12/47 (25.5%) | 15/96 (15.6%) | 0.16 |
| | As satisfactory | 17/47 (36.2%) | 36/96 (37.5%) | 0.88 |
| | How bad | 10/47 (21.3%) | 27/96 (28.1%) | 0.38 |
| | How very bad | 0/47 (0.0%) | 4/96 (4.2%) | 0.15 |
| 4. Do you know your clinical refraction (if you have had surgical or laser correction, please indicate the type of refraction before it; if you have anisometropia (different refraction of the eyes), please indicate the refraction of the better seeing eye)? | Yes, I have emmetropia | 13/47 (27.7%) | 10/96 (10.4%) | <0.01 |
| | Yes, I have hyperopia | 0/47 (0.0%) | 5/96 (5.2%) | 0.11 |
| | Yes, I have mild myopia | 21/47 (44.7%) | 28/96 (29.2%) | 0.07 |
| | Yes, I have moderate myopia | 9/47 (19.1%) | 29/96 (30.2%) | 0.16 |
| | Yes, I have high myopia | 4/47 (8.5%) | 4/96 (4.2%) | 0.29 |
| | Don't know | 0/47 (0.0%) | 16/96 (16.7%) | <0.01 |
| | I don't know what "clinical refraction" is | 0/47 (0.0%) | 4/96 (4.2%) | 0.15 |
| 5. How do you feel about the opportunity to check your clinical refraction during practical classes in ophthalmology? | Positively | 46/47 (97.9%) | – | – |
| | Neutral | 1/47 (2.1%) | – | – |
| | Negative | 0/47 (0.0%) | – | – |
| | I find it difficult to answer | 0/47 (0.0%) | – | – |
| 6. How much the data on your clinical refraction obtained during practical classes in ophthalmology correspond to your previous awareness about it? | Completely correspond (didn't learn anything new) | 24/47 (51.1%) | – | – |
| | Partially compliant (refraction has changed slightly since the previous check) | 17/47 (36.2%) | – | – |
| | They don't match at all (I didn't know my refraction before or it has changed dramatically) | 5/47 (10.6%) | – | – |
| | I find it difficult to answer | 1/47 (2.1%) | – | – |
| 7 (5)#. Do you have astigmatism? | Yes | 13/47 (27.7%) | 34/96 (35.4%) | 0.36 |
| | No | 32/47 (68.1%) | 48/96 (50.0%) | 0.04 |
| | I don't know exactly | 2/47 (4.3%) | 12/96 (12.5%) | 0.12 |
| | I don't know what "astigmatism" is | 0/47 (0.0%) | 2/96 (2.1%) | 0.32 |



| | | | | |
|--|--|---------------------------|---------------------------|------|
| 8 (6). If your visual acuity is reduced, please indicate at what distance to the greatest extent (if your vision is not reduced, skip this question) | Only into the distance | 31/33 (93.9%*/66.0%**) | 62/74 (83.8%*/64.6%**) | 0.87 |
| | Only nearby | 2/33 (6.1%*/4.3%**) | 6/74 (8.1%*/6.3%**) | 0.63 |
| | Far and near | 0/33 (0.0%) | 6/74 (8.1%*/6.3%**) | 0.08 |
| 9 (7). Are you concerned about limitations associated with other (excluding central vision) functions of the visual analyzer? | No | 46/47 (97.9%) | 91/96 (94.8%) | 0.38 |
| | Yes, peripheral disorders Vision | 1/47 (2.1%) | 3/96 (3.1%) | 0.73 |
| | Yes, color vision pathology | 0/47 (0.0%) | 1/96 (1.0%) | 0.49 |
| | Yes, lack of binocular vision | 0/47 (0.0%) | 1/96 (1.0%) | 0.49 |
| 10 (8). If you have problems with your vision, what is the main limitation (if you don't have such problems, you don't need to answer the question)? | In training | 12/26 (46.2%*/25.5%**) | 25/64 (39.1%*/26.0%**) | 0.95 |
| | In progress | 1/26 (3.8%*/2.1%**) | 6/64 (9.4%*/6.3%**) | 0.28 |
| | In leisure/hobbies | 4/26 (15.4%*/8.5%**) | 13/64 (20.3%*/13.5%**) | 0.39 |
| | In sports activities | 1/26 (3.8%*/2.1%**) | 7/64 (10.9%*/7.3%**) | 0.20 |
| | In driving a car | 8/26 (30.8%*/17.0%**) | 13/64 (20.3%*/13.5%**) | 0.58 |
| 11 (9). Do you use any optical vision correction? | No, because I don't feel the need for it | 19/47 (40.4%) | 26/96 (27.1%) | 0.11 |
| | No, but I'm going to start using it soon | 5/47 (10.6%) | 4/96 (4.2%) | 0.14 |
| | Yes, I wear glasses | 17/47 (36.2%) | 42/96 (43.8%) | 0.39 |
| | Yes, I use contact lenses | 5/47 (10.6%) | 19/96 (19.8%) | 0.17 |
| | I had vision correction surgery | 1/47 (2.1%) | 5/96 (5.2%) | 0.38 |
| 12 (10). How long ago did you last have your eyesight checked (before the practical ophthalmology classes##)? | Over the past year | 36/47 (76.6%) | 74/96 (77.1%) | 0.95 |
| | A few years ago | 7/47 (14.9%) | 13/96 (13.5%) | 0.82 |
| | Before entering university | 4/47 (8.5%) | 7/96 (7.3%) | 0.80 |
| | I don't remember | 0/47 (0.0%) | 2/96 (2.1%) | 0.32 |
| | Never | 0/47 (0.0%) | 0/96 (0.0%) | - |
| 13 (11). How long ago was your last appointment with an ophthalmologist (before the practical classes in ophthalmology##)? | Over the past year | 30/47 (63.8%) | 63/96 (65.6%) | 0.83 |
| | A few years ago | 6/47 (12.8%) | 16/96 (16.7%) | 0.54 |
| | Before entering university | 7/47 (14.9%) | 13/96 (13.5%) | 0.82 |
| | I don't remember | 3/47 (6.4%) | 2/96 (2.1%) | 0.19 |
| | Never | 1/47 (2.1%) | 2/96 (2.1%) | 1.00 |
| 14 (12). If you have any eye diseases (excluding refractive errors), please indicate them (otherwise skip this question) | | 2/47 (4.3%) | 6/96 (6.3%) | 0.63 |
| 15 (13) Do you think that your eyesight has worsened over the past few years? | Yes | 29/47 (61.7%) | 63/96 (65.6%) | 0.65 |
| | No | 13/47 (27.7%) | 27/96 (28.1%) | 0.96 |
| | I find it difficult to answer | 5/47 (10.6%) | 6/96 (6.3%) | 0.37 |

| | | | | |
|--|---|--|---------------------------------------|------|
| 16 (14). If you think that your vision has become worse recently, what is this primarily related to (if your vision has not worsened, then skip this question)? | Excessive visual stress | 25/30 (83.3%*/53.2%**) | 61/66 (92.4%*/63.5%**) | 0.24 |
| | Incorrect organization of the workplace | 2/30 (6.7%*/4.3%**) | 2/66 (3.0%*/2.1%**) | 0.46 |
| | Physical overexertion | 1/30 (3.3%*/2.1%**) | 1/66 (1.5%*/1.0%**) | 0.59 |
| | Emotional stress | 2/30 (6.7%*/4.3%**) | 1/66 (1.5%*/1.0%**) | 0.20 |
| | Bad ecology | 0/47 (0.0%) | 0/66 (0.0%) | – |
| | Malnutrition | 0/47 (0.0%) | 0/66 (0.0%) | – |
| | Associated general disease | 0/47 (0.0%) | 1/66 (1.5%*/1.0%**) | 0.49 |
| 17 (15). Please rate on a scale from 1 to 10 (where 1 is the minimum score and 10 is the maximum) how important good vision is for you (mean value and confidence intervals; median and quartiles, points) | | 9.51 (9.14; 9.88) 10.0 [10.0; 10.0] | 9.39 (9.19; 9.59) 10.0 [9.0; 10.0] | 0.27 |

Notes: * % of the number of participants who answered this (optional) question; ** % of the total number of survey participants; #, ## questions and clarifications were used in the survey of students in the 2023–2024 academic year.

programs during practical training in various disciplines related to the measurement of objective psychophysical health indicators and their comparison with the student's self-assessment of these indicators has a normalizing and formative effect on reflexive, emotional, creative processes, and increases students' cognitive interests" [20].

In our work, the students' self-assessment of clinical refraction according to the survey data (Table 2) did not fully correspond to the results of the autorefractometry (Table 1), which may partly be due to the unequal number of participants (47 and 49, respectively). At the same time, in the survey, almost half of the respondents reported that they received new information about their vision condition (question No. 6).

A positive aspect, which demonstrated an improvement in the quality of learning the discipline, was the absence among the survey participants of students who did not understand the meaning of the terms "clinical refraction" and "astigmatism", and who did not know their refraction (at the same time, two students, despite the survey, did not have a clear understanding of the situation regarding the presence/absence of astigmatism).

The overwhelming majority of study participants positively assessed the possibility of determining clinical refraction in a practical lesson on ophthalmology (97.9%, question No. 5); at the same time, many of them – 46.8% (question No. 6) – received new information about their own health. This fact, along with the high level of involvement of students and the improvement in the quality of their assimilation of the material, allows us to positively assess the experience of using the proposed method and recommend it for wide application in the pedagogical process.

In addition, our work confirmed the main patterns identified in previously conducted surveys of senior medical students [9, 10]: a significant prevalence of visual impairments, increasing over the years of study, the need of most students for optical vision correction, as well as the fact that most of them highly value the importance of good vision and are inclined to monitor their health.

The main limitation of the study was the relatively small sample size and its non-continuous nature.



■ CONCLUSION

Determining the clinical refraction of students in practical classes in ophthalmology increases their awareness of their health status, and can also indirectly contribute to increase the motivation of students to study the discipline by developing personal interest, which improves the quality of assimilation of the material, the effectiveness and productivity of training.

■ REFERENCES

1. Alqudah A.A., Bauer A.J., Aleshawi A. Refractive errors among medical students in Jordan: prevalence, types and possible risk factors. *Future Sci OA*. 2023;9(2). DOI: 10.2144/fsoa-2022-0075
2. Fledelius H.C. Myopia profile in Copenhagen medical students 1996–98. Refractive stability over a century is suggested. *Acta Ophthalmol Scand*. 2000;78(5):501–505. DOI: 10.1034/j.1600-0420.2000.078005501.x
3. Saw S.-M., et al. Academic achievement, close up work parameters, and myopia in Singapore military scripts. *Br J Ophthalmol*. 2001;85(7):855–860. DOI: 10.1136/bjo.85.7.855
4. Saw S.-M., et al. IQ and the association with myopia in children. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2004;45(9):2943–2948. DOI: 10.1167/iov.03-1296
5. Megbelayin E.O., et al. Refractive errors and spectacle use behavior among medical students in a Nigerian medical school. *Br J Med Med Res*. 2014;4(13):2581–2589. DOI: 10.9734/BJMMR/2014/7518
6. Kozina E.V., et al. The condition of visual acuity and eye refraction in students of medical university. *Siberian Medical Review*. 2015;3:88–92. (in Russian). DOI: 10.20333/25000136-2015-3-88-92
7. Aprelev A.E., Setko N.P., Korshunova R.V. Frequency of myopia and functional indicators of visual organ in students of a medical institution. *Practical medicine*. 2017;2(9):21–24. (in Russian)
8. Plotnikov D.Yu., et al. Analysis of the Prevalence of Myopia in Medical Students. *Medicina*. 2023;11:25–34. (in Russian). DOI: 10.29234/2308-9113-2023-11-1-25-34
9. Avkhadeeva S.R., et al. On the self-assessment of ocular status and of visual functions by senior students at Russian medical universities (anonymous survey results). *Ophthalmology Reports*. 2023;16(4):23–34. (in Russian). DOI: 10.17816/OV609533
10. Tretyakova Yu.D., Bobykin E.V., Korotkikh S.A. Results of an anonymous survey of the fifth-year students of the Faculty of Treatment and Prevention of the Ural State Medical University on self-assessment of eye condition and visual functions. *Proceeding of the VIII International science and practice conferences of young scientists and students: "Topical issues of modern medical science and public health care"*; 19–20 Apr 2023; Yekaterinburg. Yekaterinburg: USMU Publ.; 2023;2285–2290. (in Russian)
11. Rio de Janeiro Declaration on Environmental Protection and Development [archive]. United Nations. Available at: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/riodecl.shtml (accessed 23 June 2024). (in Russian)
12. Learning pyramid. Wikipedia, the free encyclopedia. Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Learning_pyramid (accessed 23 June 2024).
13. Letrud K. A rebuttal of NTL Institute's learning pyramid. *Education*. 2012;13(3):117–124. Available at: https://www.researchgate.net/publication/285798853_A_rebuttal_of_NTL_Institute's_learning_pyramid (accessed 23 June 2024)
14. Belyaeva G.V. The Problem of Formation of Professional Motivation of Pedagogical Institute Students. *Young Scientist*. 2014;21.1(80.1):80–83. (in Russian)
15. Lazareva O.P. Problem of motivation of higher educational institution students to study. *International Research Journal*. 2016;8(50):46–48. (in Russian)
16. Starodubceva V.K. Motivation of students to study. *Modern problems of science and education*. 2014;6. Available at: <https://science-education.ru/article/view?id=15617> (accessed 23 June 2024). (in Russian)
17. Kozlov V.A., et al. Phenotype and clinical-genealogical genealogy maps as instruments for project training in medical genetics studies. *Pedagogical and sociological aspects of education*. 2018:77–79. (in Russian)
18. Li L.S., et al. Active teaching methods in ophthalmology and otorhinolaryngology. *Medicine and ecology*. 2020;3(96):72–74. (in Russian)
19. Kainazarova S.E., Kanagatova G.M. The first results of the implementation of certain methods of interactive teaching students the discipline of pediatric. *Vestnik KazNMU*. 2011;2:73–75. (in Russian)
20. Filippova S.N., Alekseeva S.I. Pedagogical discourse of integration of science and human knowledge in the science and the problems of modernization of Russian education. *Vestnik RMAF*. 2013;2(8):81–87. (in Russian)



Nooruldeen Hatem¹, Wijdan Nazar Ibraheim¹ ✉, Muataz Hasan Jaaz²

¹ University of Basrah, Basrah, Iraq

² University of Thi-Qar, Thi-Qar, Iraq

Analysis of Demographic Characteristic and Some Risk Factors for Patients with Cataract in Southern of Iraq

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: Nooruldeen H. – conceptualization, data curation, investigation, project administration, resources, software, writing (original draft), review & editing; Wijdan N.I. – conceptualization, supervision, validation, visualization, writing (original draft), review & editing; Muataz H.J. – conceptualization, data curation, supervision, validation, visualization, writing (original draft), review & editing.

Submitted: 02.06.2025

Accepted: 08.09.2025

Contacts: wijdan.ibraheim@uobasrah.edu.iq

Abstract

Introduction. Cataract is aging disease which characterised by cloudiness of normal lens, although it mostly related to age but it can occur in very young ages.

Purpose. to examine the relationship between cataract occurrence and various demographic factors to identify potential risk contributors. Understanding these associations helps update prevalence data, raise awareness, and guide preventive efforts, especially in high-risk populations.

Materials and methods. Cross-sectional study was conducted on cataract patients. The total number of the participants were 629.

Results. That there is significant correlation among these factors (age, smoking, diabetes, hypertension, residency, drug intake). Conversely, it showed no statistically association between cataract patients and sex nor between surgery on the eye.

Conclusion. This study demonstrates a significant association between cataract occurrence and number of demographic and clinical factors, these results highlight the importance of focusing on early detection and lifestyle modifications to reduce the risk of cataract development in high-risk groups.

Keywords: cataract, diabetes, hypertension, blindness



Нурулдин Хатем¹, Видждан Назар Ибрахим² ✉, Муатаз Хасан Джааз²

¹ Университет Басры, Басра, Ирак

² Университет Ти-Кар, Ти-Кар, Ирак

Анализ демографических характеристик и некоторых факторов риска у пациентов с катарактой на юге Ирака

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: Нурулдин Х. – концептуализация, курирование данных, исследование, администрирование проекта, программное обеспечение, написание (первоначальный черновик), рецензирование и редактирование; Видждан Н.И. – концептуализация, руководство, написание (первоначальный черновик), рецензирование и редактирование; Муатаз Х.Дж. – концептуализация, курирование данных, руководство, написание (первоначальный черновик), рецензирование и редактирование.

Подана: 02.06.2025

Принята: 08.09.2025

Контакты: wijdan.ibraheim@uobasrah.edu.iq

Резюме

Введение. Катаракта – это возрастное заболевание, характеризующееся помутнением нормального хрусталика. Хотя это заболевание в основном связано с возрастом, оно может возникнуть и в очень молодом возрасте.

Цель. Изучить взаимосвязь между возникновением катаракты и различными демографическими аспектами для выявления потенциальных факторов риска. Понимание этих взаимосвязей помогает обновить данные о распространенности, повысить осведомленность и осуществить профилактические меры, особенно в группах высокого риска.

Материалы и методы. Было проведено поперечное исследование с участием пациентов с катарактой. Общее число участников составило 629 человек.

Результаты. Установлена значимая корреляция между такими факторами, как возраст, курение, диабет, гипертония, место жительства, прием лекарств. Напротив, статистически значимых корреляций между пациентами с катарактой и полом, а также между перенесенными хирургическими вмешательствами на глазах не выявлено.

Заключение. Данное исследование демонстрирует значимую взаимосвязь между возникновением катаракты и рядом демографических и клинических факторов. Эти результаты подчеркивают важность раннего выявления и изменения образа жизни для снижения риска развития катаракты в группах высокого риска.

Ключевые слова: катаракта, диабет, гипертония, слепота

■ INTRODUCTION

Cataracts are among the primary causes of blindness globally [1]. While cataracts mostly affect older adults, they can also occur in children [2]. Several factor other than aging can induce cataract formation in normal lens and disrupt the vision sight, including oxidative stress [3], reduction in antioxidant will increase the oxidative stress which make corneal lose it transparency [4], diabetes [5] by elevated blood sugar has been found to

increase blood sugar in the aqueous humor [6, 7], hypertension [8] high blood pressure can induce cataract formation by Promote oxidative damage to lens proteins.

Demographic studies play an important role because it helps in determining the prevalence of cataract disease across different ages and gender, study conducted by Prasad 2020 finds that cataract blindness was higher in female compared to male [9]. Meanwhile increasing air pollution [10] and climate shift [11], may all have a role in increasing the incidence of cataract among different ages.

This study aims to investigate the association between cataract development and a range of demographic and clinical variables, including underlying health conditions, also predict future population changes. Understanding and describing the demographic profile of the population in (Nasiriyah – Iraq) giving attention to important factors, the information from this study may help the public health plans, also understanding those patterns are very critical for developing effective treatment strategies and prevention.

■ MATERIALS AND METHODS

Study design and cataract patients

A cross-sectional study was conducted cataract patients, registered at Al-Nasiriyah Teaching Hospital in Thi-Qar governorate, Iraq. Between the period from during a period between September 2024 and January 2025. The total number of the participants under this study between this period were (629) there ages ranges from 7 to 80 years old.

Ethical approval

All ethical approval was obtained from the institution, and all the procedures were thoroughly explained to each patient individually prior to participation.

Main demographic categories

All participants included in the study were diagnosed with cataracts and met the inclusion criteria, regardless of the presence or absence of comorbidities such as diabetes and hypertension.

Statistical analysis

Statistical analysis was obtained using SPSS specifically using chi-square test.

■ RESULTS

Table 1 show the distribution of cataract patients among different age group, the majority of patient was between 40–60, representing 58.2%, followed by patients from 60 and more representing 34.7%, while those between the age 20–40 representing 5.4%, and those under the age of 20 representing 1.7%, and it shows that's it's statistically significant among different age group.

Table 2 represent the distribution of cataract patients according to sex differences, which shows that there's no statistically significant relationship between the occurrence of cataract and sex differences ($p=0.073$).

Table 3 in the present study suggest that there's statistically significant relationship with p value (0.00), smokers representing (35.3%) from the total population while non-smokers representing (64.7%).



Table 1
Age-Wise Distribution of Patients Diagnosed with Cataract

| Age** | Patients | |
|--------|----------|------|
| | No. | % |
| >20 | 11 | 1.7 |
| 20–40 | 34 | 5.4 |
| 40–60 | 366 | 58.2 |
| <60 | 218 | 34.7 |
| P=0.00 | | |

Table 2
Sex-Based Distribution of Patients Diagnosed with Cataract

| Sex ^{NS} | Patients | |
|-------------------|----------|------|
| | No. | % |
| Male | 292 | 46.4 |
| Female | 373 | 53.6 |
| P=0.073 | | |

Table 3
Smoking Status Distribution Among Patients Diagnosed with Cataract

| Smoking** | Patients | |
|-----------|----------|------|
| | No. | % |
| Yes | 407 | 64.7 |
| No | 222 | 35.3 |
| P=0.00 | | |

Table 4 shows that there's statistically significant relationship between residency state and the occurrence of cataract with p value (0.00), patients living in the central area representing (61.4%) while the peripheral area representing (38.6%).

Table 5 shows that there's statistically significant relationship between the occurrence of cataract and diabetes with (p=0.00), cataract patients with diabetic representing (63.4%) while non-diabetic representing (36.6%).

Table 4
Geographic Distribution of Cataract Patients Based on Residency

| Residency** | Patients | |
|-----------------|----------|------|
| | No. | % |
| Central area | 386 | 61.4 |
| Peripheral area | 243 | 38.6 |
| P=0.00 | | |

Table 5
Comparison of Cataract Patients with and without Diabetes

| Diabetic** | Patients | |
|------------|----------|-------|
| | No. | % |
| Yes | 399 | 63.4% |
| No | 230 | 36.6% |
| P=0.00 | | |

Table 6
Comparison of Cataract Patients with and Without Hypertension

| Hypertension ** | Patients | |
|-----------------|----------|------|
| | No. | % |
| Yes | 418 | 66.5 |
| No | 211 | 33.5 |
| P=0.00 | | |

Table 7
Comparison of Cataract Patients with and Without Previous Eye Surgery

| Surgery in the eye ^{NS} | Patients | |
|----------------------------------|----------|------|
| | No. | % |
| Yes | 322 | 51.2 |
| No | 307 | 48.8 |
| P=0.55 | | |

Table 8
Comparison of Cataract Patients with and Without a History of Drug Use

| Drug intake** | Patients | |
|---------------|----------|-------|
| | No. | % |
| Yes | 376 | 59.8% |
| No | 253 | 40.2% |
| P=0.00 | | |

Table 6 shows that there's statistically relationship between the occurrence of cataract and hypertension with p value (0.00), cataract patients with hypertension representing (66.5%) while the ones without hypertension representing (33.5%).

Table 7 shows that there's no statistically relationship between cataract patients underwent eye surgery in the past six month and who did not, p value (0.55), cataract patients who underwent eye surgery representing (51.2%) while those who did not representing (48.8%).

Table 8 show that there's statistically significant relationship between drug intake and the occurrence of cataract with p value (0.00), cataract patients who take drug representing (59.8%) while those who do not use drug representing (40.2%).

■ DISCUSSION

The findings of our study match the ones of Xing Chen 2020 which revealed that the highest age for having cataract was among the age group 60–69 [12]. There are many reasons behind the development of cataract in elderly people, including continuous exposure to sunlight, undiagnosed diseases like diabetes, hypertension and other disease, some type of drugs, and smoking, overtime the body's ability to reduce the oxidative stress decrease. All these factors can lead over time to protein aggregation leading to cloudiness.

The participants were classified according to sex in to males and females, in the present study there's no statistically relationship between gender and cataract development, although the prevalence of cataract where slightly higher in females than males, in spite



of some previous studies have reported gender differences in development of cataract our study didn't match with a study conducted by Park Y.H. 2014 found the prevalence of cataracts were higher in females than males [13].

Our study matches with the result of Obianozie T.I who found that gender does not affect cataract development, and there's no statistically significant relationship although the prevalence of cataract was slightly higher among females than males [14].

This result does not mean there's no influence of gender on cataract development but may be this influence is not as strong as other factor like smoking, genetic predisposition and exposure to sunlight and A larger sample size is needed to confirm the accuracy of this result.

The smoking state of participants which show that 64.7% of patients diagnosed with cataracts were smokers while non-smokers their percentage was 35.3%.

Our study matches the result of study conducted by Kurt, A.2023, which reveals the smoking status has influence on the cataracts formation between Turkish population and increase the rate of having cataracts in earlier age [15].

Also matched with Gaffer 2023 who find that most cataract patients were smokers [16]. In this study higher number of cataracts patients was among smokers, several factors can be behind this phenomenon, one of these are tobacco products contain harmful chemicals in the cigarette smoke (ex: nicotine) which can alter the protein the lens and overtime become cloudy.

Smoking also increased the risk of getting systemic disease like diabetes or hypertension both are risk factors for cataracts formations.

In the present study, the highest number of cataract cases came from those individuals living in the center than those living in the periphery.

Our study agreed with previous studied and disagreed with others, we matched with a study conducted by Yu W.S 2021 who suggest that people live in urban area have higher risk of developing cataract than those living in remote area [17].

Our findings may have several explanations for this phenomenon, high level of air pollution which may contribute to cataracts formation by inducing oxidative stress, other factors prolonged exposure to artificial light like the light from the led screen, which also can contribute to oxidative stress, furthermore the center of the cities is hotter.

In our study the number of cataracts patients with diabetes is higher than those without diabetes, our study matched with Li L., 2014 who found that patients with type 2 diabetes have greater risk of getting cataract [18].

Also matched with Tomić 2021 who found that type diabetes is associated with development of cataract [19]. It can be explained by elevated blood glucose levels, which result in the accumulation of glucose within the lens.

The current study revealed that cataracts patients with hypertension are higher than those without hypertension. Our study aligned with Mehta 2016 who revealed that cataract patients with hypertension are higher from those without [20].

It can be explained by that hypertension can induce oxidative stress [21] which can cause damage to lens protein, also taking medication especially corticosteroids can induce cataract formation [22].

The current study revealed that there is no significant relationship between cataract patients who never underwent eye surgery and those who did it, which show that the rate of cataract development was about the same between both groups, the difference wasn't big enough to be meaningful or statistically significant.

This rely on several factors, depends on the type of the surgery were not high risk for cataract development, sample size was not large enough to detect a difference and cataract risk is influenced more by age, diabetes, and other factors.

The present study demonstrated that the number of cataract patients who utilised medication was greater than the number of those who did not.

Our study aligns with Kačmař 2025 who found a corelation between the incidence of posterior subcapsular cataract and utilization of steroids [23].

Also, our study match with Sharma 2019 who revealed that corticosteroid induce cataract formation [24]. This can be explained by that the structure or the metabolism of the eye's lens can be altered by certain drugs which lead to clouding of the lens.

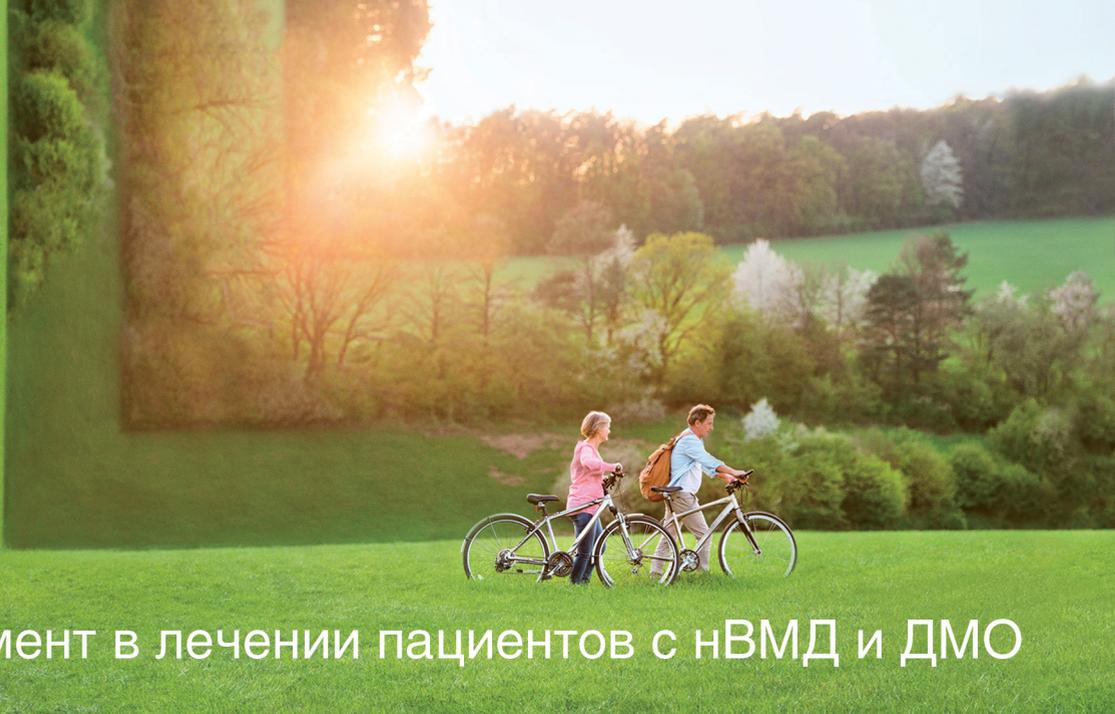
■ CONCLUSION

In conclusion, there is a significant relationship between cataract patients and age, smoking, residency, diabetes, hypertension and drug intake. Conversely, no statistically significant association has been observed between cataract patients and sex, nor between surgery on the eye factor.

■ REFERENCES

- Moshirfar M, Milner D, Patel BC. Cataract Surgery. 2023 Jul 18. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan. PMID: 32644679.
- Cicinelli MV, Buchan JC, Nicholson M, Varadaraj V, Khanna RC. Cataracts. *Lancet*. 2023 Feb 4;401(10374):377-389. doi: 10.1016/S0140-6736(22)01839-6. Epub 2022 Dec 21. PMID: 36565712.
- Lee B, Afshari NA, Shaw PX. Oxidative stress and antioxidants in cataract development. *Curr Opin Ophthalmol*. 2024 Jan 1;35(1):57-63. doi: 10.1097/ICU.0000000000001009. Epub 2023 Oct 26. PMID: 37882550.
- Shu DY, Chaudhary S, Cho K-S, et al. Role of oxidative stress in ocular diseases: a balancing act. *Metabolites*. 2023;13(2):187.
- Greenberg MJ, Bamba S. Diabetic cataracts. *Dis Mon*. 2021 May;67(5):101134. doi: 10.1016/j.disamonth.2021.101134. Epub 2021 Jan 21. PMID: 33485606.
- Gomel N, Barequet IS, Lipsky L, et al. The effect of the glycemic control on the aqueous humor glucose levels in diabetic patients undergoing elective cataract surgery. *European Journal of Ophthalmology*. 2021;31(2):415-21.
- Pollreiz A, Schmidt-Erfurth U. Diabetic cataract – pathogenesis, epidemiology and treatment. *Journal of ophthalmology*. 2010;2010(1):608751.
- Yu X, Lyu D, Dong X, He J, Yao K. Hypertension and risk of cataract: a meta-analysis. *PLoS One*. 2014 Dec 4;9(12):e114012. doi: 10.1371/journal.pone.0114012. PMID: 25474403; PMCID: PMC4256215.
- Prasad M, Malhotra S, Kalaivani M, et al. Gender differences in blindness, cataract blindness and cataract surgical coverage in India: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Ophthalmology*. 2020;104(2):220-4.
- Shin J, Lee H, Kim H. Association between exposure to ambient air pollution and age-related cataract: a nationwide population-based retrospective cohort study. *International journal of environmental research and public health*. 2020;17(24):9231.
- Echevarría-Lucas L, Senciales-González JM, Medialdea-Hurtado ME, Rodrigo-Comino J. Impact of climate change on eye diseases and associated economical costs. *International journal of environmental research and public health*. 2021;18(13):7197.
- Chen X, Zhou D-Y, Shen J, et al. Prevalence and risk factors on age-related cataract and surgery in adults over 50 years old in Binhu District, Wuxi, China. 2020;13(3):445.
- Park Y-H, Shin JA, Han K, et al. Gender difference in the association of metabolic syndrome and its components with age-related cataract: the Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2008-2010. 2014;9(1):e85068.
- Obianozie, Tochukwu & Ozims, Stanley & Eberendu, Izuchukwu & Iwuoha, Gregory. (2024). Prevalence of Cataract in Relation to Socio-demographic Factors: A Population Based Cross Sectional Study of Adults in Imo State Nigeria. *International Journal of Research and Innovation in Applied Science*. IX. 610-619. 10.51584/IJRIAS.2024.909054.
- Ali Kurt, Tülay Karacan Ersekercı, Rasit Kılıç, and Naim Meriç Konar. 2023. "The Affects of Smoking on Cataract Formation in Turkish Patients". *Ophthalmology Research: An International Journal* 18 (6):9-15. <https://doi.org/10.9734/or/2023/v18i6403>.
- Gaffer IAZ, Saleh RA. Demographic Characteristics and associated disorders of cataract patients attended makkah hospital in aden, Yemen. *Electronic Journal of University of Aden for Basic and Applied Sciences*. 2023;4(1):31-8.
- Yu, Wan-Syuan, Chia-Hui Wang, and Nai-Wen Kuo. 2021. "Impact of Urbanization and Sunlight Exposure on Cataract Incidence" *Applied Sciences* 11, no. 17: 18137. <https://doi.org/10.3390/app11178137>
- Li L, Wan XH, Zhao GH. Meta-analysis of the risk of cataract in type 2 diabetes. *BMC Ophthalmol*. 2014 Jul 24;14:94. doi: 10.1186/1471-2415-14-94. PMID: 25060855; PMCID: PMC4113025.
- Tomić M, Vrabec R, Rašteggorac P, Ljubić S, Bulum T, Rahelić D. Hypertension and hypercholesterolemia are associated with cataract development in patients with type 2 diabetes. *High blood pressure & cardiovascular prevention*. 2021;28:475-81.
- Mehta R, Patil M, Page SJJoC, Ophthalmology E. Comparative study of cataract in hypertensive patients and non-hypertensive patients. *Indian Journal of Clinical and Experimental Ophthalmology*, April-June,2016;2(2): 153-157
- Baradaran A, Nasri H, Rafeian-Kopaei M. Oxidative stress and hypertension: Possibility of hypertension therapy with antioxidants. *Journal of research in medical sciences: the official journal of Isfahan University of Medical Sciences*. 2014;19(4):358.
- Olunan LRN, Pangilinan CAG, Yatco MM. Steroid-induced cataract and glaucoma in pediatric patients with nephrotic syndrome. *Philippine Journal of Ophthalmology*. 2009;34(2):59-62.
- Kačmař J, Cholevik D. Corticosteroid Induced Posterior Subcapsular Cataract. *Ceska a Slovenska Oftalmologie: Casopis Ceske Oftalmologicke Spolecnosti a Slovenske Oftalmologicke Spolecnosti*. 2019;74(6):226-32.
- Sharma P, Gupta D. Corticosteroid Induced Cataract In COPD Patient. *JK Science*. 2019;21(1):48-9.

Поворотный



момент в лечении пациентов с нВМД и ДМО

Режим введения Эйлеа® 8мг при нВМД и ДМО

Три загрузочные
ежемесячные
инъекции

Увеличение
интервала
до 4 месяцев

Увеличение
интервала
до 5 месяцев

Продолжение
лечения



Увеличение интервала между инъекциями на основании оценки результатов остроты зрения и/или анатомических показателей лечащим врачом



Общая характеристика
лекарственного
препарата Эйлеа®



ДМО – диабетический макулярный отек, нВМД – неоваскулярная возрастная макулярная дегенерация.

За дополнительной информацией, а также если Вы хотите сообщить о нежелательном явлении или жалобе на качество продукции компании Байер, обратитесь, пожалуйста, по адресу: ООО «Байер ВР», 220089, Минск, проспект Дзержинского, 57, 14 эт. Тел.: +375(17) 239-54-20. Факс +375(17) 336-12-36. Номер одобрения: PP-EYL-BY-0203

ЛЕКАРСТВЕННЫЙ ПРЕПАРАТ.

Реклама. Имеются противопоказания и нежелательные реакции. Данные по применению у беременных женщин отсутствуют.



<https://doi.org/10.34883/PI.2025.15.3.025>
УДК [617.735:616.15]:617.7-089



Терешенко О.В. ✉, Марченко Л.Н., Далидович А.А.

Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

Оптимизация анти-VEGF-терапии макулярного отека при окклюзиях вен сетчатки: сравнительный анализ режимов Treat & Extend и Pro Re Nata

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: концепция и дизайн исследования, сбор материала, обработка, редактирование – Терешенко О.В.; концепция и дизайн исследования, написание текста – Марченко Л.Н.; концепция и дизайн исследования, редактирование, написание текста – Далидович А.А.

Подана: 12.09.2025

Принята: 17.09.2025

Контакты: olyia.tereshenko@gmail.com

Резюме

Введение. Окклюзия вен сетчатки (ОВС) является одной из наиболее распространенных сосудистых патологий глаза и второй по частоте причиной сосудистых заболеваний сетчатки после диабетической ретинопатии. Основным фактором потери зрения при ОВС является макулярный отек (МО), формирование и прогрессирование которого связано с гиперэкспрессией фактора роста эндотелия сосудов (VEGF, ФРЭС). Наиболее эффективным методом лечения МО признана интравитреальная антиангиогенная терапия препаратами против ФРЭС.

Цель. Сравнить эффективность режимов «лечить и расширять» Treat & Extend (T&E) и «по потребности» Pro Re Nata (PRN) интравитреальной антиангиогенной терапии пациентов с окклюзиями вен сетчатки.

Материалы и методы. Обследовано 140 пациентов с ОВС, находившихся на лечении в УЗ «3-я городская клиническая больница им. Е.В. Клумова» г. Минска на клинической базе кафедры глазных болезней БГМУ в 2023–2025 гг. Из них в проспективное исследование отобраны 70 пациентов (70 глаз) в соответствии с критериями включения: проведение лечения препаратом Афлиберцепт (МНН). Все пациенты получали афлиберцепт 2 мг по схемам T&E (n=30) или PRN (n=40). Выполнялись визометрия, офтальмоскопия, спектральная ОКТ макулярной зоны. Оценивались максимально скорректированная острота зрения (МКОЗ), центральная толщина сетчатки (ЦТС) и количество инъекций.

Результаты. В обеих группах отмечено достоверное улучшение МКОЗ и уменьшение ЦТС через 12 месяцев. В группе T&E МКОЗ возросла с $0,39 \pm 0,38$ до $0,54 \pm 0,35$, в PRN – с $0,26 \pm 0,30$ до $0,41 \pm 0,37$. ЦТС снизилась с 404 ± 229 до 255 ± 119 мкм (T&E) и с 460 ± 213 до 267 ± 121 мкм (PRN). Среднее число инъекций составило $4,07 \pm 1,28$ при T&E и $4,91 \pm 1,22$ при PRN. Пациенты с ишемическим фенотипом имели худшие функциональные результаты и требовали большего количества инъекций.

Заключение. Афлиберцепт 2 мг эффективен при лечении МО на фоне ОВС. Режим T&E обеспечивает более выраженный функциональный прирост при сопоставимой анатомической динамике и числе инъекций. Перспективным направлением

является использование препаратов с более высокой концентрацией действующего вещества, что может позволить сохранить эффективность при меньшей инъекционной нагрузке.

Ключевые слова: окклюзия вен сетчатки, макулярный отек, анти-VEGF-терапия, афлиберцепт, Treat & Extend, Pro Re Nata

Tserashenka V. ✉, Marchenko L., Dalidovich A.
Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

Optimization of Anti-VEGF Therapy for Macular Edema Secondary to Retinal Vein Occlusion: Comparative Analysis of Treat & Extend and Pro Re Nata

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: concept and design research, collecting material, processing editing – Tserashenka V.; concept and design research, writing text – Marchenko L.; concept and design research, editing, writing text – Dalidovich A.

Submitted: 12.09.2025

Accepted: 17.09.2025

Contacts: olyia.tereshenko@gmail.com

Abstract

Introduction. Retinal vein occlusion (RVO) is one of the most common retinal vascular pathologies and the second most frequent cause of retinal vascular diseases after diabetic retinopathy. The main cause of vision loss in RVO is macular edema (ME), the development and progression of which are associated with the overexpression of vascular endothelial growth factor (VEGF). The most effective treatment method for ME is recognized to be intravitreal anti-VEGF therapy.

Purpose. To compare the efficacy of Treat & Extend (T&E) and Pro Re Nata (PRN) regimens of intravitreal anti-VEGF therapy in patients with retinal vein occlusion.

Materials and methods. A total of 140 patients with RVO were examined and treated at the E.V. Klumov 3rd City Clinical Hospital, Minsk, on the clinical base of the Department of Eye Diseases of the Belarusian State Medical University in 2023–2025. Of these, 70 patients (70 eyes) were included in the prospective study according to the inclusion criteria: treatment with aflibercept (INN). All patients were treated with aflibercept 2 mg according to T&E (n=30) or PRN (n=40) regimens. Visometry, ophthalmoscopy, and spectral-domain OCT of the macular area were performed. Best-corrected visual acuity (BCVA), central retinal thickness (CRT), and the number of injections were evaluated.

Results. Both groups showed significant improvement in BCVA and reduction in CRT after 12 months. In the T&E group, BCVA increased from 0.39 ± 0.38 to 0.54 ± 0.35 , while in the PRN group it increased from 0.26 ± 0.30 to 0.41 ± 0.37 . CRT decreased from 404 ± 229 to 255 ± 119 μm (T&E) and from 460 ± 213 to 267 ± 121 μm (PRN). The mean number of injections was $4,07\pm 1,28$ in the T&E group and $4,91\pm 1,22$ in the PRN group. Patients with ischemic RVO had worse functional outcomes and required more injections.

Conclusion. Aflibercept 2 mg is effective in the treatment of ME secondary to RVO. The T&E regimen provides a greater functional improvement with comparable anatomical



dynamics and injection frequency. A promising direction is the use of higher-concentration formulations, which may allow maintaining efficacy with a reduced injection burden.

Keywords: retinal vein occlusion, macular edema, anti-VEGF therapy, aflibercept, Treat & Extend, Pro Re Nata

■ ВВЕДЕНИЕ

Окклюзия вен сетчатки (ОВС) – вторая по частоте сосудистая патология сетчатки после диабетической ретинопатии и одна из основных причин внезапной потери зрения у пациентов среднего и пожилого возраста. По данным метаанализа Song и соавт. (2019), глобальная распространенность ОВС составляет около 0,77% среди лиц старше 30 лет, что соответствует более чем 28 миллионам пациентов во всем мире [1]. Ключевым фактором потери зрения является макулярный отек (МО), развитие которого связано с гиперэкспрессией фактора роста эндотелия сосудов (VEGF, ФРЭС), воспалительными медиаторами и нарушением микроциркуляции в ретинальных сосудах [2, 3]. Анти-VEGF-терапия продемонстрировала убедительную эффективность в улучшении зрительных функций и снижении МО, что подтверждено результатами триалов COPERNICUS, GALILEO, SCORE2 и рекомендациями EURETINA [4–7].

Выбор оптимального режима лечения остается предметом дискуссии. Режим Treat & Extend (T&E) позволяет достичь стабильного контроля заболевания при меньшей частоте визитов по сравнению с классическим Pro Re Nata (PRN), но в реальной практике оба подхода широко применяются [8, 9].

В последние годы появляются данные о возможности дальнейшей оптимизации терапии за счет применения афлиберцепта 8 мг. Первичные результаты исследования QUASAR (2025) показали, что более высокая концентрация препарата позволяет сохранять эффективность при увеличении интервалов между инъекциями, что открывает перспективы снижения терапевтической нагрузки [10, 11].

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сравнить эффективность режимов «лечить и расширять» Treat & Extend (T&E) и «по потребности» Pro Re Nata (PRN) интравитреальной антиангиогенной терапии пациентов с окклюзиями вен сетчатки.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследовано 140 пациентов с ОВС, находившихся на лечении в УЗ «3-я городская клиническая больница им. Е.В. Клумова» г. Минска на клинической базе кафедры глазных болезней БГМУ в 2023–2025 гг. Из них в проспективное исследование отобраны 70 пациентов (70 глаз). Исследуемая выборка формировалась на основе критериев:

- включения: ОВС; проведенная анти-ФРЭС-терапия (афлиберцепт 2 мг), старт терапии не позднее 3 месяцев;
- исключения: заболевания, нуждающиеся в витреоретинальной хирургии; заболевания сетчатки с нарушением регуляции ФРЭС (диабетическая ретинопатия, неоваскулярная возрастная макулярная дегенерация, миопическая хориоидальная неоваскуляризация); иная макулярная патология; воспалительные заболевания глаз.

Проведено офтальмологическое обследование, включавшее авторефрактометрию, визометрию, бесконтактную тонометрию, биомикроскопию на щелевой лампе, оптическую когерентную томографию и фоторегистрацию глазного дна. Спектральную ОКТ выполняли на аппарате Spectral-domain OCT Optopol Revo 80 с использованием протоколов сканирования 3D Retina, Retina Radial (цифровые данные ОКТ получены из распечатки стандартного протокола, ручные измерения не проводились). Все пациенты подписали информированное письменное согласие на проведение инъекций и были осведомлены об использовании информации результатов их диагностики для дальнейшего анализа.

Пациенты были разделены на две группы: T&E (n=30) и PRN (n=40).

Оценивались максимально скорректированная острота зрения (МКОЗ), центральная толщина сетчатки (ЦТС) и количество инъекций.

Статистическая обработка проводилась на основе сформированной базы данных, полученных в результате исследования, с использованием анализа в системе Statistica, версия 10.0, посредством программных компьютерных продуктов Microsoft Excel 16.35. Количественные показатели представлены в виде среднего \pm стандартное отклонение, категориальные – в виде n (%). Анализ количественных признаков осуществлялся непараметрическими методами с применением U-критерия Манна – Уитни (независимые группы). Для анализа категориальных переменных (пол) использовался χ^2 -критерий Пирсона. За критический уровень значимости при проверке статистических гипотез в данном исследовании принимали вероятность безошибочного прогноза, равную 95% ($p < 0,05$).

■ РЕЗУЛЬТАТЫ

Средний возраст пациентов составил $58,2 \pm 17,4$ года в группе T&E и $64,3 \pm 11,5$ года в PRN. Доля ишемического фенотипа была ниже в T&E (10%) по сравнению с PRN (27,5%). Исходные значения МКОЗ и ЦТС были сопоставимы между группами. Характеристика исследуемых групп представлена в табл. 1.

Группы T&E (n=30) и PRN (n=40) были сопоставимы по возрасту ($58,2 \pm 17,4$ и $64,3 \pm 11,5$ года соответственно; $p = 0,09$) и полу (мужчины: 46,7% и 35,0%; $p = 0,46$).

Таблица 1
Сравнительная характеристика пациентов в группах по МКОЗ и ЦТС
Table 1

Comparative characterization of patients in groups according to BCVA and CRT

| Признаки | Группа T&E (30 глаз) | Группа PRN (40 глаз) | U/ χ^2 |
|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|
| Возраст, лет | $58,2 \pm 17,4$ | $64,3 \pm 11,5$ | 0,092 (U) |
| Мужчины | 14 (46,7%) | 14 (35%) | 0,460 (χ^2) |
| Женщины | 16 (53,3%) | 26 (65%) | 0,460 (χ^2) |
| МКОЗ до лечения | $0,39 \pm 0,38$ | $0,26 \pm 0,30$ | 0,101 (U) |
| МКОЗ после лечения | $0,54 \pm 0,35$ | $0,41 \pm 0,37$ | 0,117 (U) |
| ЦТС до лечения, мкм | 404 ± 229 | 460 ± 213 | 0,190 (U) |
| ЦТС после лечения, мкм | 255 ± 119 | 267 ± 121 | 0,808 (U) |
| Среднее количество инъекций | $4,07 \pm 1,28$ | $4,91 \pm 1,22$ | 0,014 (U) |

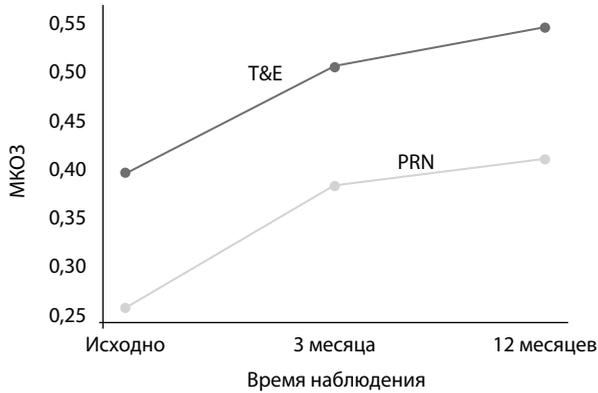


Рис. 1. Динамика МКОЗ в группах T&E и PRN
Fig. 1. Dynamics of BCVA in T&E and PRN groups

При анализе исходной МКОЗ значимых различий между группами не выявлено (T&E: $0,39 \pm 0,38$, PRN: $0,26 \pm 0,30$, $p=0,10$). Через 3 месяца МКОЗ возросла до $0,50 \pm 0,36$ (T&E) и $0,38 \pm 0,37$ (PRN), а к 12 месяцам – до $0,54 \pm 0,35$ и $0,41 \pm 0,37$ соответственно. Наблюдался устойчивый тренд в пользу T&E, хотя межгрупповые различия не достигли статистической значимости ($p \approx 0,11-0,12$) (рис. 1).

Исходная ЦТС составила 404 ± 229 мкм в T&E и 460 ± 213 мкм в PRN ($p=0,19$). Через 3 месяца отмечалось снижение до 299 ± 174 мкм и 294 ± 166 мкм соответственно, а через 12 месяцев – до 255 ± 119 мкм и 267 ± 121 мкм. Таким образом, редукция ЦТС была сходной в обеих группах ($p > 0,19$) (рис. 2).

За год наблюдения среднее число инъекций составило $4,07 \pm 1,28$ в группе T&E и $4,91 \pm 1,22$ в группе PRN. Различия оказались статистически значимыми ($p=0,014$), в группе PRN отмечалась тенденция к большей частоте инъекций (табл. 2, 3).

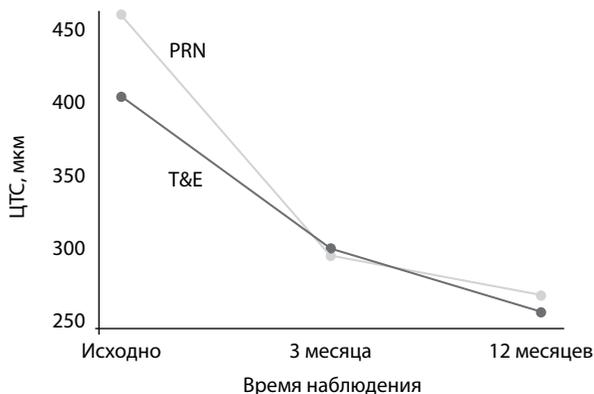


Рис. 2. Динамика ЦТС в группах T&E и PRN
Fig. 2. Dynamics of CRT in T&E and PRN groups

Таблица 2
Анализ количества инъекций, МКОЗ и ЦТС в группе T&E
Table 2

Analysis of the number of injections, BCVA and CRT in T&E group

| Количество инъекций | МКОЗ | | ЦТС, мкм | |
|---------------------|-----------|-----------|--------------|--------------|
| | До | После | До | После |
| 3 (n=2) | 0,08±0,04 | 0,06±0,01 | 634,0±540,23 | 432,0±147,08 |
| 4 (n=11) | 0,15±0,21 | 0,36±0,34 | 530,5±193,40 | 278,0±123,61 |
| 5 (n=9) | 0,52±0,30 | 0,71±0,31 | 400,9±191,44 | 202,7±95,06 |
| 6 (n=7) | 0,43±0,37 | 0,55±0,43 | 277,4±112,16 | 192,0±24,78 |
| 7 (n=1) | 0,10 | 0,30 | 638,0 | 367,0 |

Таблица 3
Анализ количества инъекций, МКОЗ и ЦТС в группе PRN
Table 3

Analysis of the number of injections, BCVA and CRT in PRN group

| Количество инъекций | МКОЗ | | ЦТС, мкм | |
|---------------------|-----------|-----------|--------------|-------------|
| | До | После | До | После |
| 2 (n=5) | 0,22±0,07 | 0,36±0,06 | 422,2±116,47 | 321,4±67,03 |
| 3 (n=7) | 0,15±0,08 | 0,29±0,09 | 509,1±88,26 | 302,9±55,28 |
| 4 (n=10) | 0,31±0,21 | 0,41±0,26 | 495,6±134,82 | 298,5±69,04 |
| 5 (n=11) | 0,40±0,33 | 0,62±0,35 | 452,0±144,57 | 250,0±80,10 |
| 6 (n=5) | 0,28±0,20 | 0,37±0,24 | 378,3±50,27 | 240,7±44,50 |
| 7 (n=2) | 0,05±0,01 | 0,20±0,14 | 562,0±70,71 | 310,0±14,14 |

Пациенты с ишемическим фенотипом имели изначально более низкую МКОЗ (T&E: 0,21±0,11, PRN: 0,17±0,09) и менее выраженный прирост зрительных функций за год. К 12 месяцам МКОЗ у них достигала лишь 0,34±0,18 (T&E) и 0,29±0,15 (PRN), тогда как в подгруппах неишемического фенотипа значения были значительно выше (T&E: 0,60±0,29, PRN: 0,47±0,31). Однако статистически значимых различий по МКОЗ между ишемическим и неишемическим фенотипами ни в одной из схем лечения выявлено не было ($p>0,05$).

По количеству инъекций различия отмечались только в группе T&E, где пациенты с ишемическим фенотипом получили значимо больше инъекций ($p=0,037$), тогда как в PRN различий по этому показателю не выявлено ($p=0,43$).

■ ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящем исследовании проведено сопоставление эффективности режимов T&E и PRN при лечении МО, развившегося вследствие ОВС, препаратом афлиберцепт 2 мг. Полученные результаты показали, что оба режима способствуют достоверному снижению ЦТС и улучшению МКОЗ через 12 месяцев терапии, однако в группе T&E наблюдался более выраженный функциональный прирост при сопоставимой анатомической динамике и среднем числе инъекций.

Эти данные согласуются с результатами крупных международных триалов. Так, в исследованиях COPENICUS и GALILEO было продемонстрировано значительное улучшение остроты зрения и редукция МО у пациентов с ОВС при применении афлиберцепта в течение первого года терапии [4, 5]. Результаты нашего исследования



также подтверждают выводы SCORE2, где отмечена высокая эффективность анти-VEGF-терапии при окклюзиях центральной вены сетчатки, однако подчеркивается необходимость поддерживающего лечения в течение длительного времени [6]. Перспективным направлением в этой связи является использование более высокой дозы афлиберцепта (8 мг). Первичные результаты исследования QUASAR (2025) показали, что такая терапия позволяет поддерживать эффективность при меньшем числе инъекций и увеличении интервалов между ними [10, 11]. Эти данные особенно актуальны для реальной практики, где низкий комплаенс пациентов и высокая нагрузка на систему здравоохранения остаются одной из ключевых проблем лечения МО при ОВС.

Таким образом, результаты нашей работы подтверждают высокую эффективность афлиберцепта 2 мг при лечении МО вследствие ОВС и демонстрируют преимущества режима Т&Е в части функциональных исходов при сопоставимом числе инъекций. В то же время перспективы дальнейшей оптимизации связаны с использованием афлиберцепта 8 мг, позволяющего снизить частоту визитов и улучшить комплаенс пациентов.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Афлиберцепт 2 мг является эффективным средством лечения МО при ОВС как в режиме Т&Е, так и PRN. Режим Т&Е обеспечивает более выраженный функциональный результат (прирост МКОЗ) при сопоставимом снижении ЦТС и среднем числе инъекций по сравнению с PRN. Пациенты с ишемическим фенотипом ОВС характеризуются худшими исходами и требуют более интенсивного наблюдения и персонализированного подхода к терапии. Перспективным направлением анти-ФРЭС-терапии является использование афлиберцепта 8 мг, что потенциально позволит сохранить эффективность лечения при уменьшении числа инъекций и визитов.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Song P, Xu Y, Zha M. Global epidemiology of retinal vein occlusion: systematic review and meta-analysis. *J Glob Health*. 2019;9(1):010427.
2. Noma H, Yasuda K, Shimura M. Role of vascular endothelial growth factor and inflammatory cytokines in central retinal vein occlusion and macular edema. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2015;56(2):1122–1128.
3. Ciulla TA, Kapik B, Grewal DS, Ip MS. Visual Acuity in Retinal Vein Occlusion, Diabetic, and Uveitic Macular Edema: Central Subfield Thickness and Ellipsoid Zone Analysis. *Ophthalmol Retina*. 2021;5(7):633–647.
4. Heier JS, Clark WL, Boyer DS, et al. Intravitreal Aflibercept Injection for Macular Edema Due to Central Retinal Vein Occlusion: Results of the Phase 3 COPERNICUS Study. *Ophthalmology*. 2012;119(5):1024–1032.
5. Korobelnik JF, Holz FG, Roeder J, et al. Intravitreal Aflibercept Injection for Macular Edema Secondary to Central Retinal Vein Occlusion: One-Year Results of the GALILEO Study. *Ophthalmology*. 2014;121(1):202–208.
6. Scott IU, VanVeldhuisen PC, Ip MS, et al. SCORE2: Effect of Bevacizumab vs Aflibercept on Visual Acuity in Patients with Macular Edema Due to Central Retinal Vein Occlusion. *JAMA*. 2017;317:2072–2087.
7. Schmidt-Erfurth U, Garcia-Arumi J, Gerendas BS, et al. Guidelines for the Management of Retinal Vein Occlusion by the European Society of Retina Specialists (EURETINA). *Ophthalmologica*. 2019;242(3):123–162.
8. Alforja S, et al. Three-Year Outcomes of VEGF Inhibitors in Naive Branch Retinal Vein Occlusions: systematic review and meta-analysis. *Ophthalmology Retina*. 2024;8(10):962–970.
9. Fu DJ, et al. Real-world data on visual and anatomical failure of anti-VEGF therapy. *Eye (Lond)*. 2025;39(5):977–985.
10. Gale R. Aflibercept 8 mg in Retinal Vein Occlusion: Primary Endpoint Results from the QUASAR study. Presented at: Angiogenesis 2025 Virtual Edition; Feb 2025.
11. ClinicalTrials.gov. QUASAR: Aflibercept 8 mg in Macular Edema Secondary to Retinal Vein Occlusion. Accessed April 2025.



Баранов А.Ю.^{1,2} ✉, Бржеский В.В.¹, Скоробогатова Е.И.¹

¹ Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Россия

² Научный центр психического здоровья, Москва, Россия

Современные возможности исследования цветового зрения у детей раннего возраста

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, сбор данных, анализ и обработка материала, написание текста – Баранов А.Ю.; существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, редактирование, окончательное одобрение варианта статьи для опубликования – Бржеский В.В.; сбор, анализ и обработка материала, написание текста – Скоробогатова Е.И.

Публикация подготовлена в рамках выполнения Государственного задания № 075-03-2024-570/2 от 22.05.2024 по фундаментальной научной теме «Комплексная мультидисциплинарная оценка развития детей от рождения до 3 лет».

Подана: 11.08.2025

Принята: 08.09.2025

Контакты: a.iu.baranov@gmail.com

Резюме

Физиологические механизмы цветовосприятия определяются функцией 3 типов фоторецепторов сетчатки: S-колбочек (пик поглощения 426 нм), М-колбочек (530 нм) и L-колбочек (555 нм). Согласно наиболее распространенной классификации Криса – Нагеля – Рабкина, виды цветоощущения разделяют на нормальную трихромазию, аномальную трихромазию (протаномалия, дейтераномалия, тританомалия), дихромазию (протанопия, дейтеранопия, тританопия) и монохромазию (ахроматопию). Врожденные нарушения цветоощущения на красный и зеленый цвета имеют X-сцепленный рецессивный тип наследования, нарушения на синий цвет – аутомомно-доминантный тип наследования. Приобретенные нарушения следуют правилу Келлнера: сине-желтые дефекты характерны для ретиальной патологии (диабетическая ретинопатия, отслойка сетчатки), красно-зеленые – для поврежденного зрительного нерва (глаукома), что подтверждается данными о селективной потере соответствующих колбочек при данных заболеваниях. Оценка цветового зрения проводится в 2 направлениях: диагностика цветоаномальности и цветослабости. В первые месяцы жизни ребенка происходит быстрое развитие цветоощущения. Для оценки цветового зрения у детей раннего возраста существуют специализированные методы, однако из-за отсутствия стандартизации и сложности интерпретации результатов исследования диагностика цветоаномальности и цветослабости у детей младше 3 лет остается сложной задачей. Специализированные подходы включают: тесты, основанные на методе предпочтительного разглядывания; псевдоизохроматические картинки-тесты, адаптированные для детей младшего возраста; электрофизиологические исследования. При этом тесты для точной количественной оценки порогов цветоощущения (аномалоскоп Нагеля, панели Фарнворта) непригодны для детей до 7 лет из-за сложности их выполнения. В настоящее время ключевой нерешенной задачей остается разработка доступных стандартизированных, клинически апробированных тестов для пациентов данной возрастной группы.



Ключевые слова: цветовое зрение, цветоаномалия, цветослабость, таблицы Рабкина, таблицы Ишихары, таблицы РАСТ, CVTМЕТ, таблицы Юстовой, аномалоскоп Нагеля

Baranov A.^{1,2}✉, Brzhesky V.¹, Skorobogatova E.¹

¹ Saint-Petersburg State Pediatric Medical University, Saint-Petersburg, Russia

²The Mental Health Research Center, Moscow, Russia

Modern Possibilities of Studying Color Vision in Young Children

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: substantial contribution to the concept and design of research, editing, collecting material, processing, writing text – Baranov A.; substantial contribution to the conception and design of the work, editing the text, final approval of the version to be published – Brzhesky V.; collection, analysis, and processing of material, writing the text – Skorobogatova E.

This publication was prepared as part of the State Assignment No. 075-03-2024-570/2 (dated May 22, 2024) under the fundamental scientific research topic "Comprehensive Multidisciplinary Assessment of Child Development from Birth to 3 Years of Age".

Submitted: 11.08.2025

Accepted: 08.09.2025

Contacts: a.u.baranov@gmail.com

Abstract

The physiological mechanisms of color perception are determined by the function of three types of retinal photoreceptors: S-cones (peak absorption at 426 nm), M-cones (530 nm), and L-cones (555 nm). According to the widely accepted classification by Kries – Nagel – Rabkin, types of color vision are divided into normal trichromacy, anomalous trichromacy (protanomaly, deuteranomaly, tritanomaly), dichromacy (protanopia, deuteranopia, tritanopia), and monochromacy (achromatopsia). Congenital red-green color vision deficiencies follow an X-linked recessive inheritance pattern, whereas blue-yellow deficiencies exhibit an autosomal dominant inheritance. Acquired color vision defects follow the Köllner's rule: blue-yellow impairments are characteristic of retinal pathologies (e. g., diabetic retinopathy, retinal detachment), while red-green impairments are associated with optic nerve damage (e. g., glaucoma), which is supported by data on selective cone loss in these conditions. Assessment of color vision is performed in two main directions: diagnosis of color anomalies and color weakness. In the first months of life, color perception develops rapidly. Although specialized methods for evaluating color vision in young children do exist, the lack of standardization and the complexity of result interpretation make the diagnosis of color anomalies and deficiencies in children under 3 years of age particularly challenging. Specialized approaches include preferential looking techniques, pseudoisochromatic plate tests adapted for early childhood, and electrophysiological assessments. However, quantitative tests that measure chromatic discrimination thresholds, such as the Nagel anomaloscope and Farnsworth panels, are unsuitable for children under 7 years due to their procedural complexity. Currently, the development of accessible, standardized, and clinically validated tests for this age group remains a key unresolved challenge.

Keywords: color vision, color vision deficiency, color discrimination impairment, Rabkin's polychromatic plates, Ishihara color plates, PACT tables, CVTME, Yustova's threshold tables, Nagel's anomaloscope

■ ВРОЖДЕННЫЕ И ПРИОБРЕТЕННЫЕ НАРУШЕНИЯ ЦВЕТООЩУЩЕНИЯ

Одной из важнейших функций органа зрения является способность различать цвета. Цветовое зрение у человека обусловлено наличием в сетчатке 3 типов колбочек, названных по соотношению с длиной волны, соответствующей их пику поглощения. S-колбочки обладают наибольшей спектральной чувствительностью в синей части спектра (коротковолновой, λ_{max} – 426 нм), M-колбочки – в зеленой (средневолновой, λ_{max} – 530 нм), а L-колбочки – в красной (длинноволновой, λ_{max} – 555 нм) (рис. 1). Фотопреобразовательный цикл у палочек и всех 3 типов колбочек схож, различия заключаются в опсиновом компоненте, ответственном за вариации в спектре поглощения.

Наиболее распространена классификация видов цветоощущения Криса – Нагеля – Рабкина, согласно которой выделяют нормальную трихромазию, аномальную трихромазию, дихромазию и монохромазию (рис. 2).

Люди с аномальной трихромазией имеют все 3 функционирующих типа колбочек, но один из них изменен так, что имеет аномальный спектр поглощения света, и это уменьшает способность к различению цветов среди определенных цветовых оттенков. Таким образом, выделяют аномальное восприятие красного (протаномалию), зеленого (дейтераномалию) и синего (тританомалию) цветов. Выраженность дисфункции первых 2 видов нарушений варьирует среди людей и подразделяется на 3 степени: А – максимальная, В – средняя и С – минимальная.

У пациентов с дихромазией полностью утрачена функция одного из типов колбочек. В зависимости от пораженного вида колбочек выделяют протанопию, дейтеранопию и тританопию.

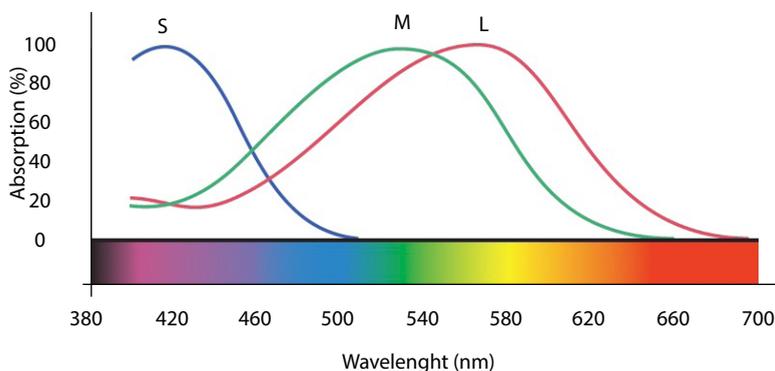


Рис. 1. Спектры поглощения 3 типов колбочек: коротковолновых (S), средневолновых (M) и длинноволновых (L)

Fig.1. Absorption spectra of the 3 types of cone photopigment: short- (S), middle- (M), and long- (L) wavelength sensitive



Рис. 2. Виды врожденных нарушений цветового зрения по Крису – Нагелю – Рабкину
Fig. 2. Types of congenital color vision deficiencies according to the Kries – Nagel – Rabkin

При монохромазии (также известной как ахроматопсия) человек полностью не способен различать разные длины волн света. Существует 2 основные, клинически трудно отличимые причины монохромазии: палочковая монохромазия, которая представляет собой полное отсутствие колбочек, и S-колбочковая монохромазия, которая выражается в отсутствии M- и L-колбочек. В обоих случаях, помимо нарушения цветоощущения, у пациентов наблюдается снижение остроты зрения, врожденный нистагм и светобоязнь. Палочковая монохромазия проявляет переменную экспрессивность, и острота зрения обычно находится в диапазоне от 0,2 до 0,1. Пациенты с S-колбочковой монохромазией, как правило, имеют несколько более высокую остроту зрения благодаря присутствию в центральной ямке небольшого количества S-колбочек, которые, однако, обычно отсутствуют в центре фovea. Специализированное исследование S-колбочек при помощи ЭРГ может быть полезным для различения этих 2 состояний (рис. 3) [1].

Ген, кодирующий опсины M-колбочек и L-колбочек, расположен на X-хромосоме и является рецессивным, поэтому врожденные нарушения цветоощущения на красный и зеленый цвета встречаются чаще у мужчин (около 8%), чем у женщин (менее 1%) [2, 3]. В то же время ген, кодирующий опсин S-колбочек, расположен на хромосоме 7 (соматической), поэтому тританомалия и тританопия не имеют половой предрасположенности, данные виды нарушений встречаются редко.

В свою очередь, к приобретенным нарушениям цветоощущения могут приводить различные заболевания сетчатки и зрительного нерва. Правило Кёллнера, предложенное в 1912 г., гласит, что ретиальная патология, как правило, вызывает сине-желтые дефекты цветового зрения (похожие на тританомалию), тогда как патология зрительного нерва в большинстве случаев вызывает красно-зеленые дефекты цветового зрения (похожие на протаномалию или дейтераномалию). Исследование T.M. Nork, опубликованное в 2000 г., подтвердило селективную потерю S-колбочек при диабетической ретинопатии и отслойке сетчатки, а также потерю M-колбочек и L-колбочек при глаукоме [4].

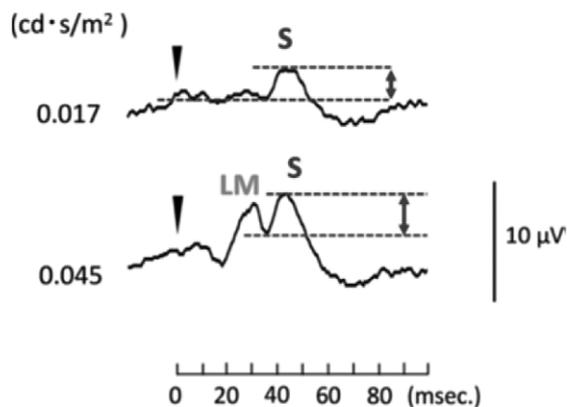


Рис. 3. Измерение амплитуды S-колбочковой ЭРГ в ответ на стимул низкой яркости (вызвавший 1 пик) и на стимул средней силы (вызвавший 2 пика). Во втором случае первый пик соответствует ЭРГ от L-/M-колбочек, второй пик – ЭРГ от S-колбочек. Амплитуду измеряют от впадины, предшествующей пику S-колбочковой ЭРГ, до его вершины (обозначено пунктирными линиями)
Fig. 3. Measuring the amplitude of the S-cone ERG in a response to a dim stimulus that contains only 1 peak and in a response to a stimulus of moderate strength that contains 2 peaks, the first is the L-/M-cone ERG and the second the S-cone ERG. Amplitude is measured from the trough preceding the S-cone ERG peak (indicated by dashed lines)

■ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЦВЕТООЩУЩЕНИЯ

Поведенческие и электрофизиологические исследования показывают, что при рождении у ребенка цветовое зрение развито слабо, однако в первые несколько месяцев жизни происходит довольно быстрое его становление [5–7]. Новорожденные способны к некоторому цветовосприятию, но в большинстве случаев оно очень ограничено. Большинство новорожденных (74%) продемонстрировали способность отличать красный цвет от белого, но не справились с синим (86%), желтым (75%) и зеленым (64%) цветами. К первому месяцу показатели детей в отношении синего и зеленого спектра несколько улучшаются [8, 9]. D.Y. Teller провела исследование с использованием метода предпочтительного разглядывания, подтверждающее наличие цветового зрения у двухмесячных детей: испытуемые фиксировали взгляд на демонстрируемых красных, оранжевых, сине-зеленых полосах на белом фоне, но не распознавали желто-зеленый и фиолетовый цвета [10, 11]. По данным Mercer et al., только к 3 месяцам младенцы демонстрируют достоверные признаки отличия всех 4 хроматических стимулов от белого [12].

В современной клинической практике в целях оценки цветоощущения как у детей, так и у взрослых применяются субъективные методы в виде различных видов таблиц. Исследование при этом может проводиться в 2 направлениях: диагностики цветоаномальности и цветослабости.

Первая задача решается с помощью псевдоизохроматических таблиц, наиболее часто используются таблицы Е.Б. Рабкина или Ишихары (рис. 4а и 4б). В ходе исследования испытуемый должен распознать или обвести геометрическую фигуру или цифру на цветовом «камуфляжном» фоне, уравненном с такой фигурой по яркости

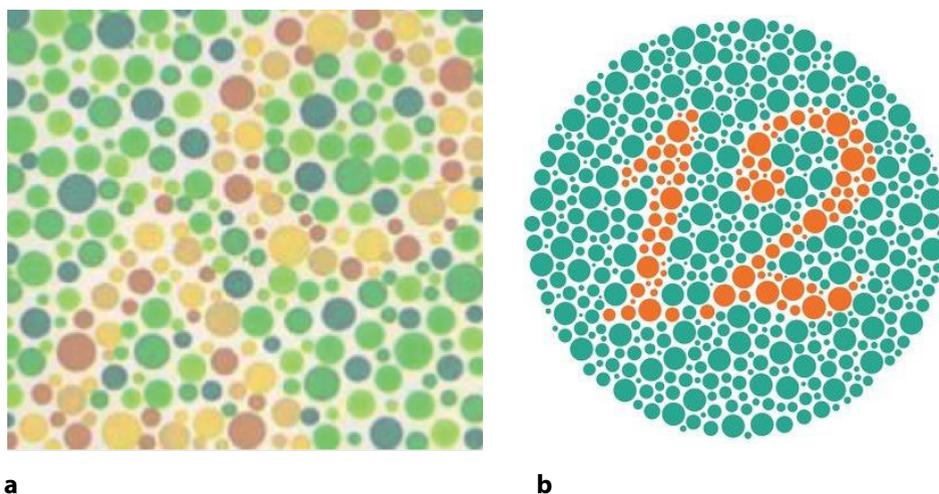


Рис. 4. Псевдоизохроматические таблицы Рабкина (а) и Ишихары (b)
Fig. 4. Pseudoisochromatic plates: Rabkin (a); Ishihara (b)

и насыщенности цвета. Пациенты с нарушением восприятия определенного цветового тона либо не могут различить цель, либо видят другую цель, отличную от той, которую видят люди с нормальной трихромазией [13]. Тест-картинки Ишихары наиболее широко распространены, дольше всех применяются в клинической практике и обладают высокой чувствительностью и специфичностью [14]. В нескольких исследованиях сообщается, что около 90% трехлетних детей могут успешно выполнить данный тест [14, 15].

В настоящее время существует ряд специализированных методов, позволяющих оценить цветовое зрение у младенцев и детей младшего возраста [5, 16], однако эти методы исследования либо очень трудоемки, либо дорогостоящи, из-за чего малоприменимы в клинической практике. Кроме того, в отличие от диагностических тестов на цветоощущение, которые в настоящее время используются у детей старшего возраста и взрослых, существующие методы оценки цветоощущения у детей младше 3 лет не стандартизированы, что приводит к сложности оценки результатов и их клинической интерпретации.

Так, псевдоизохроматическим тестом, разработанным специально для детей до 3 лет, с применением метода предпочтительного разглядывания являются картинки Пиза и Аллена – таблицы РАСТ (Plate for the Assessment of Color Type) [17] (рис. 5). Цель на каждой пластине представляет собой простой квадратный массив из дисков размером 5 см × 5 см, расположенных слева или справа на фоне размером 30 × 10 см. В основе метода предпочтительного разглядывания лежит фиксация наблюдателем движения головы и/или глаз ребенка с последующей задержкой взора на цели, он сходен с методикой, используемой в карточках остроты зрения Teller, которые в настоящее время широко используются для оценки остроты зрения у детей старше 6 мес. Было проведено исследование, показывающее относительную эффективность теста у детей до 17 мес. и высокую эффективность у детей в возрасте 17–23 мес. [18].

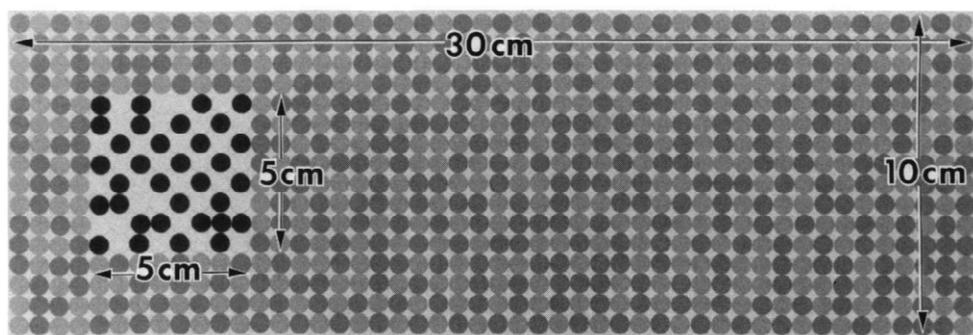


Рис. 5. Демонстрационная таблица РАСТ. Показаны общие размеры фона нейтрального цвета (оттенков серого) и квадратной тестовой фигуры, состоящей из темных кружков на светлом фоне (значения N3.5 и N9.5 в цветовой системе Манселла). В наборе также представлены таблицы фиолетового, синего и зеленого цветов

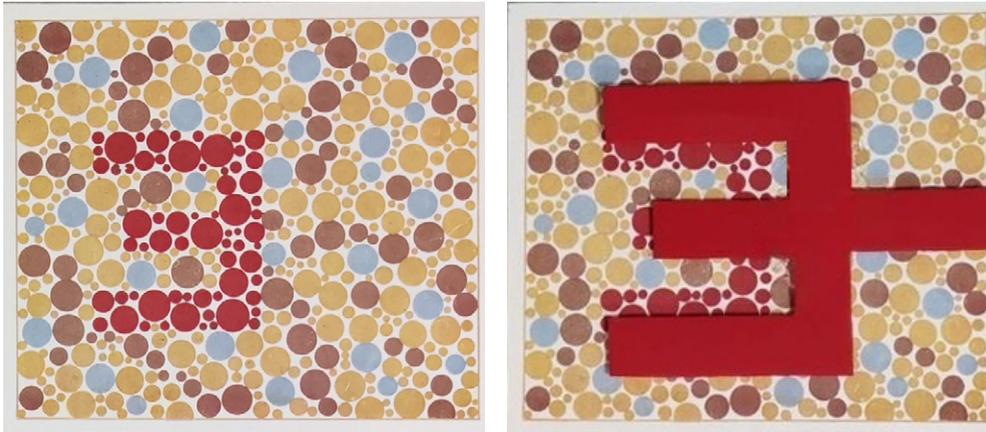
Fig. 5. The PACT demonstration table. The overall dimensions of the neutral gray background and the square test figure composed of dark dots on a light background are shown (values N3.5 and N9.5 in the Munsell color system). The set also includes tables in purple, blue, and green colors

В детской офтальмологии также используется упрощенный тест на цветовое зрение (CVTМЕТ), определяющий наличие или отсутствие аномалий цветоощущения без возможности их классификации. Тест состоит из 2 частей: в первой изображены круги, квадраты и звездочки, которые ребенок может назвать или обвести; вторая включает простые легкоузнаваемые предметы (лодка, дом, собака). Данный тест возможно применять у детей до 3 лет, однако на сегодняшний день нет исследований, демонстрирующих его эффективность при работе с этой категорией пациентов [19].

Существуют также различные варианты псевдоизохроматических картинок-тестов, ориентированные в основном на детей раннего возраста, в частности тест Харди – Рэнда – Риттера (в тесте используются понятные детям фигуры и кисточка, которой ребенок может обводить различаемые фигуры, если не хочет или не может дать вербальный ответ), Кодзимы – Мацубары, Фельхагена, таблица Пфлюгера [2, 20]. В последней цель представляет собой букву «Е» в различной ориентации, а в руки ребенку дается «трезубец», который надо сопоставить с целью в таблице (рис. 6).

Цветослабость определяют с помощью пороговых таблиц Е.Н. Юстовой, в набор которых входят таблицы с последовательно уменьшающимся порогом различения красного, зеленого и синего цветов на «камуфляжном» фоне (рис. 7). Данные таблицы позволяют выявить снижение чувствительности колбочек к конкретному цвету (прото-, дейтеро- и тритодефицит I–III степени). Однако использование данных таблиц у детей в возрасте до 3 лет все же затруднено.

В настоящее время набирают популярность цифровые альтернативы тестов на цветоощущение, проводимые на экране электронного фороптера, либо онлайн на устройстве обследуемого. В небольшом исследовании, проведенном Ван Стаденом и др., онлайн-тест Ишихары на сайте color-blindness.com позволил отличить пациентов с нормальным цветоощущением от пациентов с аномалиями цветового зрения, но не смог точно определить степень дефекта [21]. Компьютерный тест на цветоощущение Ваггонера (WCCVT) на сайте testingcolorvision.com показал достаточно хорошие



a

b

**Рис. 6. Псевдоизохроматическая таблица Пфлюгера (а) с приложенным к ней «трезубцем» (b)
Fig. 6. Pflüger's pseudoisochromatic table (a) with the "trident" attached to it (b)**

результаты и продемонстрировал более высокую чувствительность и специфичность, чем онлайн-тест Ишихары [22]. Важным фактором при использовании цифровых тестов является то, что на достоверность теста и его валидность может повлиять



**Рис. 7. Пороговые таблицы Юстовой для оценки цветослабости
Fig. 7. Yustova's threshold tables for the assessment of color weakness**

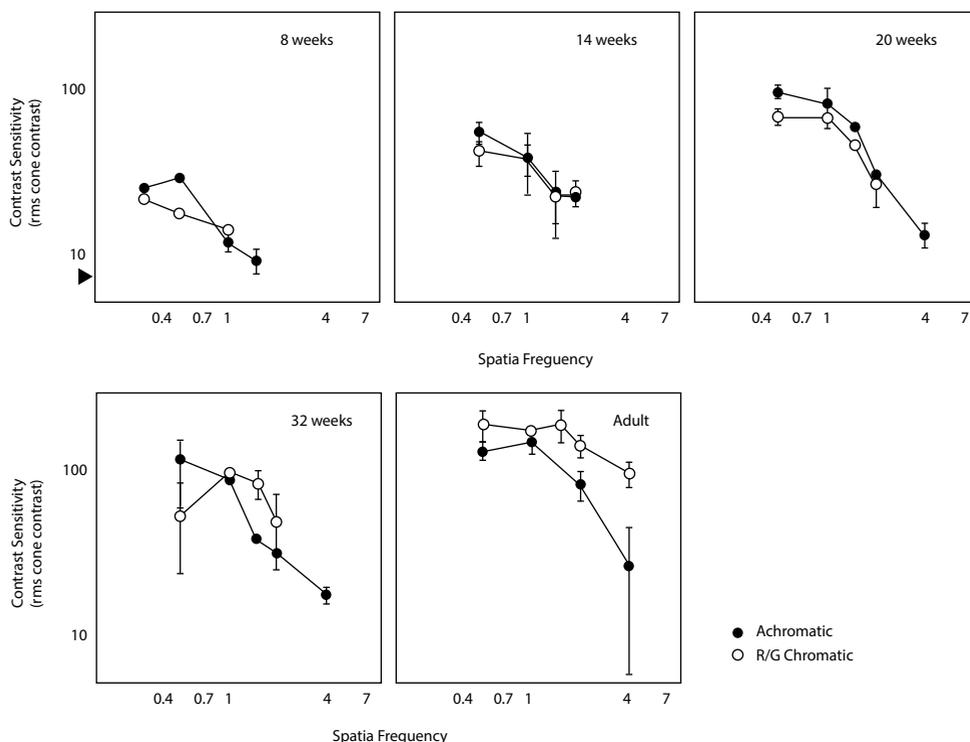


Рис. 8. Ахроматическая и хроматическая контрастная чувствительность у детей различного возраста и взрослых по данным sweep-ЗВКП. Точки показывают медианные функции контрастной чувствительности: заполненные символы – ахроматические стимулы, пустые символы – хроматические стимулы. Стрелка на ординате в 8 недель указывает на предел гаммы для хроматических стимулов. Чувствительность отображена в единицах среднеквадратичного контраста колбочки

Fig. 8. Achromatic and chromatic contrast sensitivity in children of different ages and in adults based on sweep-VEP data. Points represent median contrast sensitivity functions: filled symbols correspond to achromatic stimuli; open symbols – to chromatic stimuli. The arrowhead on the ordinate at 8 weeks marks the gamut limit for chromatic stimuli. Sensitivity is shown in units of cone root mean square (RMS) contrast

разрешение и калибровка монитора. Также необходимо учитывать блики от экранов компьютеров и уровень освещения в помещении. Необходимы дальнейшие исследования для оценки достоверности цифровых тестов на цветоощущение [23].

Следует отметить, что аномалоскоп Нагеля и тесты на различение цветов и их оттенков с использованием специальных цветных дисков (тест-панели Фарнsworthа – Манселла 100 (FM100) и его упрощенной версии – панели Фарнsworthа D15 (FD15)), применяемые в целях точной количественной оценки порогов цветоощущения, вследствие сложности задания и продолжительности исследования применяются у детей только со школьного возраста [24, 25].

Для объективного исследования цветового зрения у детей до 3 лет может использоваться электрофизиологическое исследование (различные варианты ЗВКП, включая sweep-ЗВКП, на различные хроматические стимулы) (рис. 8). Однако широкого применения в клинической практике данный метод не нашел [5, 26].



■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При обследовании детей младше 3 лет в целях диагностики аномалий цветового зрения целесообразно использовать быстрые скрининговые тесты. В случае выявления нарушения цветоощущения – проводить дополнительные исследования для определения его типа и степени. Однако при этом часто невозможно проведение полного обследования до тех пор, пока ребенок не станет достаточно взрослым, чтобы пройти более сложные тесты, например тест с использованием аномалоскопа. Актуальной задачей является разработка доступного, точного и стандартизированного теста для раннего выявления аномалий цветового зрения у детей раннего возраста [23].

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Perlman I., Kondo M., Chelva E., et al. ISCEV extended protocol for the S-cone ERG. *Doc Ophthalmol.* 2020 Apr;140(2):95–101. doi: 10.1007/s10633-019-09730-6
2. Fanlo Zarazaga A., Gutiérrez Vázquez J., Pueyo Royo V. Review of the main colour vision clinical assessment tests. *Arch Soc Esp Ophthalmol (Engl Ed).* 2019 Jan;94(1):25–32. English, Spanish. doi: 10.1016/j.oftal.2018.08.006
3. Neitz J. A new mass screening test for color-vision deficiencies in children. *Color Research & Application.* 2001. doi:10.1002/1520-6378(2001)26:1+<::AID-COL51>3.3.CO;2-C
4. Nork T.M. Acquired color vision loss and a possible mechanism of ganglion cell death in glaucoma. *Trans Am Ophthalmol Soc.* 2000;98:331–63.
5. Crognale M.A., Kelly J.P., Weiss A.H., et al. Development of the spatio-chromatic visual evoked potential (VEP): a longitudinal study. *Vision Res.* 1998 Nov;38(21):3283–92. doi: 10.1016/s0042-6989(98)00074-1
6. Morrone M.C., Fiorentini A., Burr D.C. Development of the temporal properties of visual evoked potentials to luminance and colour contrast in infants. *Vision Res.* 1996 Oct;36(19):3141–55. doi: 10.1016/0042-6989(96)00050-8
7. Teller D.Y., Civan A., Bronson-Castain K. Infants' spontaneous color preferences are not due to adult-like brightness variations. *Vis Neurosci.* 2004 May – Jun;21(3):397–401. doi: 10.1017/s0952523804213360
8. Adams R.J., Courage M.L., Mercer M.E. Systematic measurement of human neonatal color vision. *Vision Res.* 1994 Jul;34(13):1691–1701. doi: 10.1016/0042-6989(94)90127-9
9. Skelton A.E., Maule J., Franklin A. Infant color perception: Insight into perceptual development. *Child Dev Perspect.* 2022 Jun;16(2):90–95. doi: 10.1111/cdep.12447
10. Teller D.Y. The forced-choice preferential looking procedure: A psychophysical technique for use with human infants. *Infant Behavior & Development.* 1979;2:135–153. doi: 10.1016/S0163-6383(79)80016-8
11. Teller D.Y. Spatial and temporal aspects of infant color vision. *Vision Res.* 1998 Nov;38(21):3275–82. doi: 10.1016/s0042-6989(97)00468-9
12. Mercer M.E., Courage M.L., Adams R.J. Contrast/color card procedure: a new test of young infants' color vision. *Optom Vis Sci.* 1991 Jul;68(7):522–32. doi: 10.1097/00006324-199107000-00003
13. Birch J. (1993) *Diagnosis of defective colour vision.* Oxford: Oxford University Press.
14. Birch J. Efficiency of the Ishihara test for identifying red-green colour deficiency. *Ophthalmic Physiol Opt.* 1997 Sep;17(5):403–8.
15. Choi S.Y., Hwang J.M. Ishihara test in 3- to 6-year-old children. *Jpn J Ophthalmol.* 2009 Sep;53(5):455–7. doi: 10.1007/s10384-009-0716-1
16. Teller D.Y., Pereverzeva M., Zemach I.K. Infant colour perception and discrete trial preferential looking paradigms. *Progress in Colour Studies.* 2006;(2):69–90.
17. Pease P.L., Allen J. A new test for screening color vision: concurrent validity and utility. *Am J Optom Physiol Opt.* 1988 Sep;65(9):729–38. doi: 10.1097/00006324-198809000-00007
18. Mercer M.E., Drodge S.C., Courage M.L., et al. A pseudoisochromatic test of color vision for human infants. *Vision Res.* 2014 Jul;100:72–7. doi: 10.1016/j.visres.2014.04.006
19. Cotter S.A., Lee D.Y., French A.L. Evaluation of a new color vision test: "color vision testing made easy". *Optom Vis Sci.* 1999 Sep;76(9):631–6. doi: 10.1097/00006324-199909000-00020
20. National Research Council (US) Committee on Vision. (1981) *Procedures for Testing Color Vision: Report of Working Group 41.* Washington (DC): National Academies Press (US).
21. Staden D., Noor Mahomed F., Govender S., et al. Comparing the validity of an online Ishihara colour vision test to the traditional Ishihara handbook in a South African university population. *African Vision and Eye Health.* 2018 Feb;77(1): 4. doi: https://doi.org/10.4102/aveh.v77i1.370
22. Picken D., Mann W., Rings M. (2014) *Validation of a computerized color vision test.* Aerospace Medical Conference, San Diego, CA.
23. Zhu-Tam L., Chung I. The Pediatric Eye Exam Quick Reference Guide: Office and Emergency Room Procedures. *IGI Global Scientific Publishing.* 2022:21–31. doi: 10.4018/978-1-7998-8044-8
24. Atchison D.A., Bowman K.J., Vingrys A.J. Quantitative scoring methods for D15 panel tests in the diagnosis of congenital color vision deficiencies. *Optom Vis Sci.* 1991 Jan;68(1):41–8. doi: 10.1097/00006324-199101000-00007
25. Birch J. Diagnosis of defective color vision using the Nagel anomaloscope. *Documenta Ophthalmologica Proceedings Series.* 1982;(33):231–236. doi: 10.1007/978-94-011-1856-9_3
26. Kelly J.P., Borchert K., Teller D.Y. The development of chromatic and achromatic contrast sensitivity in infancy as tested with the sweep VEP. *Vision Res.* 1997 Aug;37(15):2057–72. doi: 10.1016/s0042-6989(97)00011-4



Патеюк Л.С. ✉, Суханова Е.В., Колгаева М.М., Даудова А.И.
Научно-исследовательский институт глазных болезней имени М.М. Краснова,
Москва, Россия

Современные методы оценки биомеханических свойств роговицы у пациентов с кератоконусом

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: концепция и дизайн исследования – Патеюк Л.С.; редактирование – Патеюк Л.С., Даудова А.И.; сбор и обработка материала – Патеюк Л.С., Суханова Е.В., Колгаева М.М., Даудова А.И.; написание текста – Патеюк Л.С., Суханова Е.В., Колгаева М.М.

Подана: 13.08.2025

Принята: 08.09.2025

Контакты: sweethailtoyou@mail.ru

Резюме

Настоящий обзор литературы посвящен методам прижизненной оценки биомеханических свойств роговицы: рассмотрены физические принципы исследований, основные диагностические показатели и их клиническая интерпретация. В статье приведены результаты научного изучения биомеханических характеристик роговицы *in vivo* при кератоконусе, патогенез которого ассоциирован в первую очередь с нарушением опорной функции соединительнотканной стромы и прочностных свойств коллагенового матрикса. В настоящее время исследование биомеханического статуса роговицы у пациентов может быть выполнено посредством ряда методов. Однако для реальной офтальмологической практики доступны только два высокотехнологичных прибора, принцип работы которых основан на проведении динамической двунаправленной пневмоаппланации роговицы, – ORA и CorVis ST. Эти методы позволяют проводить прижизненную оценку механических свойств роговицы в целях изучения патогенеза и диагностики кератоконуса, прогнозирования возможных рисков развития кератэктазии после кераторефракционных хирургических вмешательств, оценки эффективности проводимого лечения, разработки новых методов терапии и протоколов хирургических вмешательств, что в целом обуславливает высокую клиническую ценность рассматриваемых в статье методик для практикующих врачей-офтальмологов.

Ключевые слова: кросслинкинг роговичного коллагена, анализатор биомеханических свойств фиброзной оболочки глаза, ORA, Шаймпфлюг-тонометрия, CorVis ST



Pateyuk L. ✉, Sukhanova E., Kolgaeva M., Daudova A.
Krasnov Research Institute of Eye Diseases, Moscow, Russia

Modern Techniques for Corneal Biomechanics Assessment in Keratoconic Patients

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contributions: conception and design of the study – Pateyuk L.; editing – Pateyuk L., Daudova A.; collection and processing of material – Pateyuk L., Sukhanova E., Kolgaeva M., Daudova A.; writing of the text – Pateyuk L., Sukhanova E., Kolgaeva M.

Submitted: 13.08.2025

Accepted: 08.09.2025

Contacts: sweethailtoyou@mail.ru

Abstract

This literature review highlights *in vivo* methods of the cornea biomechanics assessment: physical principles, diagnostic parameters and clinical meaning are discussed. The article describes the results of scientific research on the issue of corneal biomechanics in keratoconus, which pathogenesis is tightly associated with impairment of corneal stroma connective tissue and collagen matrix strength properties. Nowadays corneal biomechanics in patients can be measured by means of several modalities. But in real ophthalmological practice only two devices are available: ORA and CorVis ST – both technically based on dynamic bidirectional pneumoapplanation of the cornea. These methods can be performed in order to research and diagnose keratoconus, predict the possible risks of keratectasia after keratorefractive surgery, evaluate the effectiveness of treatment, develop new therapies and surgical protocols – that is why the techniques discussed in the article has a real clinical value for practicing ophthalmologists.

Keywords: corneal cross-linking, ocular response analyzer, ORA, Scheimpflug-based tonometry, CorVis ST

■ ВВЕДЕНИЕ

Прижизненная оценка биомеханических параметров роговицы имеет преимущественно прикладное клиническое значение. В первую очередь эти методы исследования позволяют производить измерение уровня ВГД у пациентов с поправкой на биомеханические особенности роговицы и фиброзной оболочки глаза: получение максимально приближенных к истинному офальмотонусу значений тонометрического ВГД способствует наиболее точной верификации глаукомы с определением целевых показателей офальмотонуса. Во-вторых, эти методы дают возможность исследовать изменения биомеханических свойств роговицы при различных видах кератэктазий, а также по результатам проводимого лечения. Это направление в настоящее время приобрело особую актуальность в связи с широким распространением кераторефракционных операций: возникла потребность в высокоточном скрининге пациентов как для максимально ранней диагностики кератоконуса (КК) на доклинической пре(керато)топографической его стадии (стадии ультраструктурных изменений), так и с целью оценки возможных рисков вторичной (послеоперационной) кератэктазии. Выявление атипично низких прочностных свойств роговицы помогает

минимизировать возможность развития кератэктазии после лазерной коррекции зрения, избежать случаев предоперационно недиагностированного заболевания и в максимально ранние сроки начать лечение, направленное на стабилизацию кератэктазии [1–8].

В настоящее время можно выделить два принципиально разных диагностических подхода, позволяющих *in vivo* количественно оценивать биомеханические свойства роговицы *in situ*: анализ изменения формы (под действием приложенного веса или воздушного импульса) и анализ изменения структуры (на основании оценки внутренних механических напряжений) [9–15].

Первый из них – оценка биомеханических свойств фиброзной оболочки глазного яблока в зависимости от особенностей аппланации (уплощения) роговицы под действием груза или воздушного импульса при эластонометрии и динамической пневмоаппланации соответственно. Исследование биомеханического статуса роговицы при КК в современной клинической практике проводят путем анализа изменения ее формы в процессе динамической двунаправленной пневмоаппланации; методика реализована на рынке в виде двух коммерчески доступных высокотехнологичных приборов – ORA и CorVis ST.

Второй подход – оценка биомеханических свойств ткани роговицы посредством анализа внутренних механических напряжений: кератотензотопография по Анисимову, бриллюэновская спектроскопия и метод фотоупругости. Методики больше относятся к научно-исследовательским техникам и, к сожалению, широкого распространения в офтальмологической практике не получили.

■ ДИНАМИЧЕСКАЯ ДВУНАПРАВЛЕННАЯ ПНЕВМОАППЛАНАЦИЯ РОГОВИЦЫ

Динамическая двунаправленная пневмоаппланация роговицы позволяет оценивать биомеханические свойства фиброзной оболочки глаза в зависимости от реверсивного изменения формы роговицы под воздействием приложенного к ней сфокусированного потока воздуха. Методика базируется на принципе аппланационной пневмотонометрии, но дополнена оптической системой регистрации и отслеживания формы роговицы в процессе ее деформации в ответ на давление струи воздуха.

Исторически прообразом этого подхода стала распространенная на постсоветском пространстве эластонометрия по Филатову – Кальфе, суть которой заключается в оценке изменения ригидности – податливости роговицы во времени в зависимости от силы оказываемого на нее давления (путем приложения грузов разной массы). В свое время основополагающим для вышеописанных способов оценки биомеханических свойств роговицы стал способ оценки упругих (эластических) свойств роговицы посредством расчета коэффициента ригидности фиброзной оболочки глаза по Фриденвальду, получаемого по результатам дифференциального измерения ВГД тонометром Шиотса с плунжерами различной массы [11, 14, 15].

В отличие от распространенных ранее контактных методик в настоящее время в клинической практике доступны две высокотехнологичные диагностические платформы, позволяющие бесконтактно оценивать биомеханические свойства глаза на основании реакции роговицы на приложенный пневмоимпульс, – ORA и CorVis ST, по сути, представляющие собой пневмотонометры, оснащенные системами отслеживания и регистрации формы роговицы в процессе ее пневмоаппланации.



■ АНАЛИЗ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГЛАЗА ORA

Анализатор биомеханических свойств глаза ORA (от англ. ocular response analyzer) (Reichert, США) в динамике регистрирует инфракрасным датчиком изменение формы роговицы при ее двунаправленной аппланации (двукратном уплощении) под действием струи воздуха с переменным (нарастающим, а затем спадающим) давлением, а также измеряет толщину роговицы в центральной зоне. Диагностическая платформа в автоматическом режиме рассчитывает внутриглазное давление (аналогичное тонометрии по Гольдману IOPg и роговично-компенсированное IOPcc) и два биомеханических показателя: гистерезис роговицы CH (от англ. corneal hysteresis) и коэффициент резистентности роговицы CRF (от англ. corneal resistance factor) [3, 6, 12, 17].

При воздействии воздушным потоком с нарастающим давлением (рис. 1, зеленый график) роговица уплощается (1-я аппланация роговицы) и инфракрасный луч отражается от плоской поверхности роговицы (пик 1 на красном графике – фиксируемый фотодиодами первый роговичный рефлекс). Под максимальным давлением воздушной струи (экстремум зеленого графика, синяя стрелка) роговица прогибается (максимальный прогиб роговицы). При снижении давления воздушного импульса роговица начинает возвращать свою форму и уплощается (2-я аппланация роговицы) и инфракрасный луч снова отражается от плоской поверхности роговицы (пик 2 на красном графике – фиксируемый фотодиодами второй роговичный рефлекс) [3, 6, 12, 17].

Корнеальный гистерезис (от греч. «запаздывание, отставание») – CH – отражает то, на сколько меньшее давление воздушной струи требуется для удержания роговицы в положении 2-й аппланации по сравнению с тем давлением, при котором роговица уплощается в положение 1-й аппланации. Вследствие вязкоупругих свойств тканей роговицы эти значения различаются, что позволяет судить о ее биомеханических особенностях. CH определяется как разница между двумя показателями

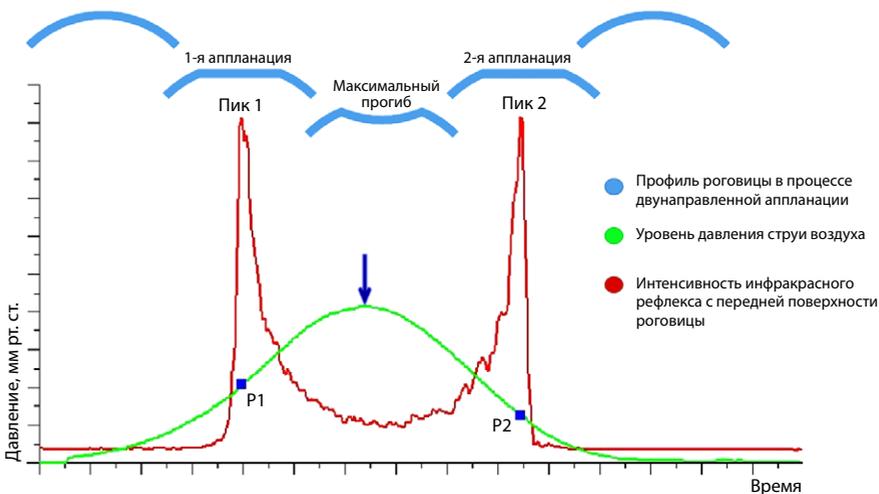


Рис. 1. Схематическое изображение принципа работы диагностической платформы ORA
Fig. 1. Schematic representation of the ORA technique

аппланационного давления – между приложенным к роговице давлением P_1 при аппланации внутрь (первый синий квадрат на зеленом графике на уровне пика 1) и давлением P_2 при аппланации наружу (второй синий квадрат на зеленом графике на уровне пика 2), что может быть выражено в виде $CH=P_1-P_2$. Этот показатель косвенно отражает устойчивость роговицы к деформации и ее вязкость, но, по сути, зависит от соотношения ее вязких и упругих (эластических) свойств, обуславливающих частичное поглощение кинетической энергии пневмоимпульса [3, 6, 12, 17].

Среднее значение между P_1 и P_2 рассматривают как показатель ВГД, аналогичный результату тонометрии по Гольдману IOPg. Соотношение CH/CRF можно использовать как критерий компенсации офтальмотонуса: при снижении ВГД под действием местных гипотензивных препаратов наблюдается снижение корнеального гистерезиса и уменьшение значения CH/CRF , которое в норме приближено к единице [11].

Коэффициент резистентности роговицы CRF рассчитывается диагностической платформой автоматически как разница P_1-P_2 (корнеальный гистерезис, CH), но с учетом корреляции этого значения с центральной толщиной роговицы: поправка производится введением в расчетные формулы эмпирически вычисленных констант. Коэффициент CRF можно считать скорректированным (нормированным на толщину роговицы) показателем CH , лучше отражающим эластичность (упругость) роговицы [10–13].

Показатель офтальмотонуса, рассчитываемый с учетом биомеханических особенностей роговицы, называют роговично-компенсированным ВГД IOPcc [17].

Кроме того, следует принимать во внимание и значение показателя качества исследования (качества ответного оптического сигнала) WS (от англ. waveform score), отражающего достоверность измерения ВГД [17].

Исходя из регистрируемых прибором ORA параметров, рядом исследователей были предложены модификации и новые показатели, которые могут быть рассчитаны в зависимости от поставленных задач. Так, сотрудниками НИИ глазных болезней им. Краснова с целью оценки эластичности роговицы по результатам получаемых на ORA данных было разработано программное обеспечение, позволяющее автоматически рассчитывать коэффициент упругости роговицы KU . Расчет производится согласно оригинальному алгоритму в зависимости от скорости деформации роговицы при пневмоаппланации и отражает степень сопротивления (неподатливости) роговицы в момент аппланации внутрь, которая, в свою очередь, обусловлена интенсивностью локальных напряжений в ткани роговицы при ее деформации [12, 13, 16, 18]. Аналогичный подход (оценка скорости деформации) в дальнейшем был реализован в аналитическом программном обеспечении диагностической платформы $CorVis ST$.

■ ШАЙМПФЛЮГ-ТЕХНОЛОГИЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ РОГОВИЦЫ CORVIS ST

Шаймпфлюг-технология визуализации роговицы $CorVis ST$ (CVS , $Corvis ST$) (от англ. corneal visualization Scheimpflug technology) реализована интегрированно с анализатором переднего сегмента глаза $Pentacam HR/AXL$ ($Oculus$, Германия). Принцип работы аппаратной части $CorVis ST$ аналогичен вышеописанному: в процессе исследования происходит двунаправленное уплощение (двукратная аппланация при двунаправленном движении) роговицы – при ее деформации внутрь и восстановлении формы наружу. Отличие заключается в том, что воздушный импульс $CorVis ST$ имеет стандартную заданную интенсивность: в процессе исследования роговица



прогибается под напором воздуха с заданным давлением – под воздействием воздушного импульса роговица деформируется до положения первой аппланации и достигает момента максимальной индентации, а возвращает роговица свою форму и проходит момент второй индентации уже без оказываемого на нее давления воздухом. Прибор фиксирует изображения поперечного горизонтального сечения роговицы в динамике (во время динамической деформации, вызванной воздушным импульсом) при помощи высокоскоростной видеокамеры (с высокой частотой съемки), работающей по принципу Шаймпфлюга. Характер и динамика двунаправленного изменения формы роговицы отражают ее биомеханические свойства [3, 6, 19].

Устройство регистрирует амплитуду и площадь динамической реакции роговицы, фиксирует профиль роговицы в процессе деформации, дефлексии и аппланации (уплощения) (рис. 2 и 3) [3, 6, 19]:

- амплитуда (максимальной) деформации DA (от англ. deformation amplitude, DAmax) – глубина максимального сагиттального смещения вершины роговицы (смещение вершины роговицы от исходной точки до максимальной вогнутости); суммарное расстояние, получаемое за счет прогиба роговицы и смещения переднего сегмента кзади под давлением воздушного импульса;
- амплитуда (максимальной) дефлексии DefA (от англ. deflection amplitude, DefAmax) – глубина максимальной индентации (вдавливания, прогиба) передней поверхности роговицы, исключая смещение переднего сегмента глазного яблока под действием воздушного импульса;
- площадь роговицы, деформируемая в процессе исследования, может быть оценена посредством показателя PD (от англ. peak distance) – расстояние между пиками – вершинами роговицы в момент ее максимального прогиба; ширина дефлексии и прогиба (индентации);
- область дефлексии роговицы DefArea (от англ. deflection area) – пространство, которое образуется в результате прогиба передней поверхности роговицы; также отражает площадь роговицы, деформируемой в процессе исследования.

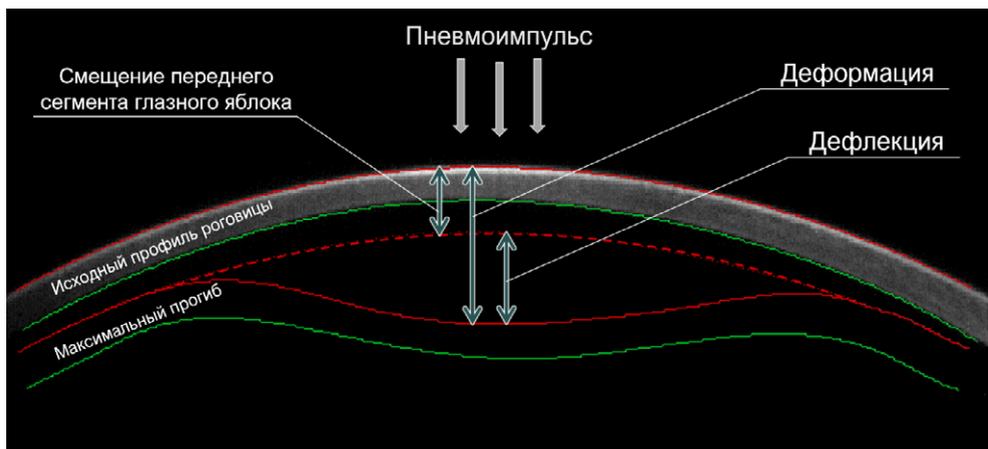
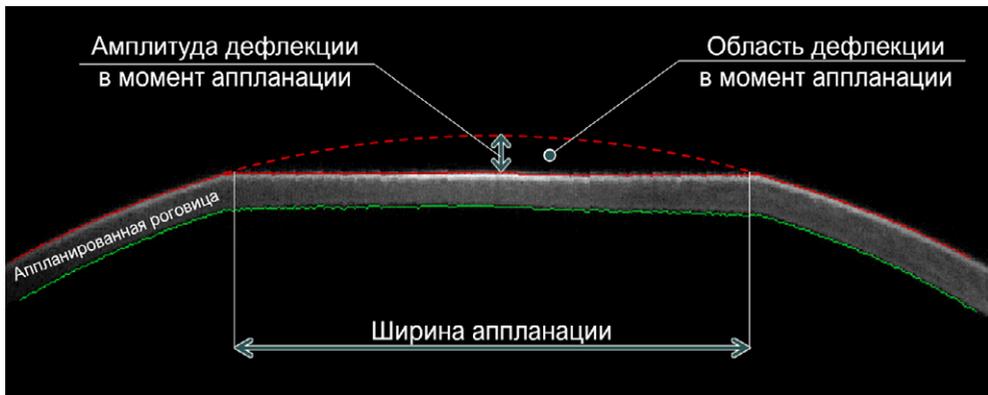


Рис. 2. Схематическое пояснение регистрируемых диагностической платформой CorVis ST динамических изменений роговицы

Fig. 2. Schematic explanation of dynamic corneal changes assessed by CorVis ST



a



b

Рис. 3. Схематическое изображение измеряемых диагностической платформой CorVis ST параметров роговицы: а – положение максимальной индентации роговицы; б – положение аппланации роговицы

Fig. 3. Schematic representation of corneal parameters measured by CorVis ST: a – maximum indented cornea; b – applanated cornea

Амплитуда дефлексии роговицы может быть измерена не только в момент максимальной индентации, но и в положении первой и второй ее аппланации – A1-DefA и A2-DefA соответственно. Область дефлексии роговицы в момент первой и второй ее аппланации A1-DefArea и A2-DefArea соответственно, а также ширину первой и второй аппланации роговицы A1-length и A2-length соответственно измеряют с целью оценки разницы между ними. Разницу (Δ) между амплитудами дефлексии и областями дефлексии в положениях первой и второй аппланации роговицы DDefA и DDefArea соответственно по аналогии с корнеальным гистерезисом рассматривают как показатель вязкости роговицы.



Платформа CorVis ST регистрирует время динамической реакции роговицы в ответ на воздушный стимул до положения первой аппланации, максимального прогиба и второй аппланации [3, 6, 19]:

- время до первой аппланации A_1T , A1-time (от англ. applanation time);
- время до второй аппланации A_2T , A2-time;
- время до максимального прогиба (индентации, вдавливания) НСТ, HC-time (от англ. highest concavity time).

По аналогии с предложенным сотрудниками НИИ им. Краснова подходом аналитическое программное обеспечение прибора CorVis ST рассчитывает скорость динамической реакции роговицы – скорость деформации роговицы в результате воздействия воздушным импульсом до положения первой и второй аппланации A_1V и A_2V , или A1-velocity и A2-velocity соответственно.

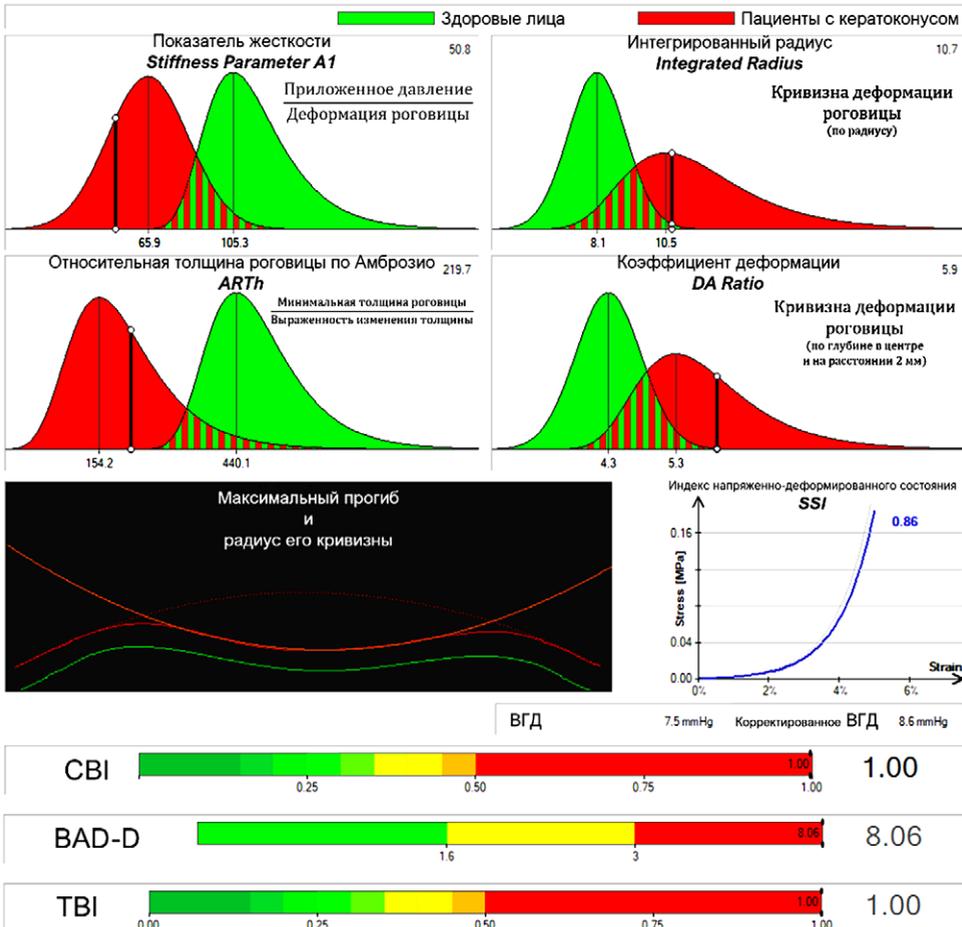


Рис. 4. Иллюстративное пояснение к интерфейсу с биомеханическими показателями диагностической платформы CorVis ST (результаты исследования у пациента с кератоконусом)
Fig. 4. Illustrative explanation of the CorVis ST interface biomechanical indices (diagnostic data in keratoconic patient)

На основании всех вышеперечисленных измерений с целью повышения диагностической ценности и информативности исследования при КК программное обеспечение диагностической платформы CorVis ST производит построение графиков зависимости одних параметров от других (особенностей амплитуды и ширины деформации, дефлексии, смещения, аппланации и прогиба роговицы от времени и оказываемого давления) и расчет ряда показателей и индексов, отчасти характеризующих локальные изменения биомеханических свойств роговицы при этом заболевании (рис. 4) [3, 6, 19]:

- показатель жесткости SP-A1 (от англ. Stiffness Parameter A1) – рассчитывается как отношение приложенного к роговице давления к вызванному этим давлением смещению вершины роговицы до положения первой аппланации A_1 . Чем большее давление нужно приложить для деформации роговицы, тем выше показатель жесткости. Чем сильнее прогибается роговица под воздушным импульсом, тем ниже показатель жесткости;
- интегрированный (обратный) радиус IR (от англ. integrated (inverse) radius) – интеграл от обратного радиуса кривизны роговицы в момент максимального прогиба (вогнутости) под давлением воздушной струи. При снижении биомеханических свойств прогиб роговицы в области ее вершины круче, радиус кривизны вогнутости роговицы меньше, интегрированный радиус больше. При равномерном распределении биомеханических напряжений в роговице она прогибается под воздействием воздушного импульса хуже, интегрированный радиус меньше;
- относительная толщина роговицы по Амброзио ARTh (от англ. Ambrósio relational thickness) – рассчитывается как отношение минимальной толщины роговицы к прогрессии (степени изменения) толщины роговицы. Чем меньше минимальная толщина роговицы и чем больше вариативность толщины роговицы (чем выраженнее изменение толщины роговицы от тончайшей точки к периферии, чем больше разница между минимальной и общей толщиной роговицы), тем ниже ARTh. При большой и равномерной толщине роговицы индекс ARTh выше;
- коэффициент деформации DA ratio (от англ. deformation amplitude ratio, DA Ratio Max [2 mm]) – рассчитывается как соотношение между амплитудой деформации в области вершины (наивысшей точки передней поверхности) роговицы и на расстоянии 2 мм от нее. При локальном снижении биомеханических свойств роговицы в области ее вершины коэффициент выше. При равномерном распределении биомеханических напряжений в роговице коэффициент ниже. Дополнительно был внедрен аналогичный коэффициент с измерением амплитуды деформации на расстоянии 1 мм от вершины роговицы (DA Ratio Max [1 mm]).

Степень (прогрессию) изменения толщины роговицы по всей ее площади отражают параметры PPI (от англ. pachymetric progression index) и PS (от англ. pachy slope).

Индекс напряженно-деформированного состояния SSI (от англ. stress-strain index) автоматически вычисляется исходя из положения кривой на графике зависимости напряжения от деформации. Значение, равное единице, указывает на среднюю эластичность здоровой ткани роговицы; индекс менее единицы (кривая более пологая и смещается вправо) говорит о большей эластичности (мягкости) роговицы, индекс более единицы (кривая более крутая, смещается влево) указывает на меньшую эластичность (большую жесткость) тканей. Первая версия алгоритма для расчета



индекса SSlv1 была усовершенствована до SSlv2 с целью повышения точности определения вероятности КК.

С целью выявления минорных изменений ткани роговицы при КК, предшествующих развитию грубых топографических, топографических и пахиметрических изменений, были разработаны и внедрены в диагностическую платформу три многопараметровых (интегральных, комбинированных) индекса, автоматически обобщающих и результирующих получаемые прибором CorVis ST данные с учетом результатов кератотопотомографии Pentacam HR/AXL у того же пациента. Каждый из этих индексов объединяет несколько показателей роговицы в единый результат, отражающий риск наличия КК или предрасположенность к развитию кератэктазии и выраженный в виде вероятности от единицы или в виде стандартного отклонения (девиации) [3, 6, 19]:

- специальный биомеханический индекс CBI (от англ. corvis biomechanical index диагностической платформы Corvis ST) – оригинальный индекс, получаемый путем математического моделирования на основании показателей жесткости роговицы, профиля ее толщины и параметров ее динамической реакции в ответ на пневмоимпульс; оценивается как вероятность наличия кератэктазии;
- индекс BAD-D (от англ. Belin/Ambrósio display and deviation) – индекс, получаемый по итогам анализа эктазии по Белин – Амброзио (от англ. Belin/Ambrósio enhanced ectasia display). Эта математическая модель позволяет оценить в баллах степень девиации 9 параметров роговицы (передняя элевация, задняя элевация, минимальная толщина, относительная толщина по Амброзио, прогрессия толщины роговицы, вертикальное смещение положения тончайшей точки, передняя элевация в тончайшей точке, задняя элевация в тончайшей точке и максимальная преломляющая сила) у конкретного пациента относительно среднестатистической нормы в популяции здоровых лиц. Общее значение стандартного отклонения (англ. total deviation value) 9 показателей роговицы, выраженное в виде индекса BAD-D, позволяет заподозрить КК при значениях этого индекса более 1,6, а при значениях выше 3,0 подтвердить наличие кератэктазии;
- топографический биомеханический индекс TBI (от англ. tomographic biomechanical index) представляет собой результат интеграции получаемых прибором топографических и биомеханических показателей; оценивается как вероятность наличия кератэктазии.

По мнению ряда исследователей, чувствительность и специфичность этих комплексных (интегральных) индексов очень высока и позволяет верифицировать доклиническую пре(керато)топографическую стадию КК даже вне клинически значимых топографических и топографических изменений [19]. Некоторыми учеными были предложены авторские показатели, такие как коэффициент биомеханической устойчивости Cbs, рассчитываемый в процентах исходя из значений SP-A1 и его распределения в норме и при КК [20].

Интерфейс современных версий программного обеспечения Pentacam отражает стадирование КК не только по топографической системе ТКС (от англ. topographical keratoconus classification), но и по наиболее прогрессивной на сегодняшний день топографической системе M.W. Belin ABCD (A – Anterior radius of curvature, радиус кривизны передней поверхности роговицы; B – Posterior radius of curvature, радиус кривизны задней поверхности роговицы; C – thinnest Corneal thickness/pachymetry,

минимальная толщина роговицы; D – best spectacle-corrected Distance visual acuity, максимальная острота зрения вдаль с очковой коррекцией). Интеграция Pentacam с CorVis ST позволила дополнить классификацию ABCD литерой «E», а результирующий дисплей диагностической платформы – стадированием КК по биомеханической системе BEST (от англ. Biomechanical E-Staging): стадия КК оценивается программным обеспечением CorVis ST на основании биомеханического фактора CBiF (от англ. corvis biomechanical factor) – результата преобразования индекса CBI по итогам линейной регрессии с кератотомографическими показателями A, B и C [21].

Диагностическая платформа Corvis ST также позволяет получать значения уровня ВГД, скорректированного на биомеханические особенности роговицы biOP (от англ. biomechanical corrected intraocular pressure), в связи с чем исследование получило название «динамическая Шаймпфлюг-тонометрия» [19].

■ ОСОБЕННОСТИ БИОМЕХАНИЧЕСКОГО СТАТУСА РОГОВИЦЫ ПРИ КЕРАТОКОНУСЕ

Экспериментальными методами *ex vivo* на эксплантах роговицы было доказано, что патогенетически при КК нарушение структуры коллагенового матрикса приводит к истончению и деформации роговицы по причине снижения прочности ее стромы, вследствие чего при этом заболевании роговица становится менее устойчивой к деформации и более податливой для аппланации и индентации по сравнению со здоровыми глазами [22–24].

По результатам серии исследований с использованием ORA было показано, что при КК корнеальный гистерезис CH, коэффициент резистентности роговицы CRF и коэффициент упругости KU снижены по сравнению с нормой, что свидетельствует об ослаблении механических свойств роговицы при этом заболевании [1, 5, 25, 26].

Посредством CorVis ST были установлены статистически значимые отличия биомеханических параметров в норме и при КК, что отражено на интерфейсе диагностической платформы: по мере прогрессирования кератэктазии снижается показатель жесткости Stiffness Parameter A1 (SP-A1) и относительная толщина роговицы по Амброзио ARTh, повышается обратный радиус кривизны IR и коэффициент деформации DA ratio, прогрессивно снижается индекс SSI и нарастает BAD-D, повышается вероятность наличия кератэктазии согласно индексам CBI и TBI, прогрессирует стадия КК по биомеханической классификации E-Staging. Также были выявлены биомеханические отличия при прогрессирующем и стабильном КК, при различных кератотопографических паттернах кератэктазии [2, 7, 9, 20, 27–29].

В то же время с точки зрения биомеханики глазного яблока на измеряемые при помощи ORA параметры оказывают влияние состояние и особенности склеры, лимба и других внутренних и наружных структур глаза. Показатели отражают общую реакцию глаза на приложенное давление, ответ всей системы – всего глазного яблока, его вспомогательных структур, гидро- и гемодинамики. Диагностическая платформа позволяет получать представление о биомеханических свойствах роговицы и даже фиброзной оболочки глаза в целом (без учета в отдельности механических свойств всех ее тканей, локальных изменений и особенностей ее формы), что в практическом применении актуально для оценки истинного уровня ВГД (скорректированного на биомеханические особенности роговицы и фиброзной оболочки глаза), но, к сожалению, не позволяет осуществлять точную диагностику КК на его ранних стадиях



[11–15, 22]. При этом CorVis ST можно считать более прогрессивной платформой, рассчитанной на более чувствительную диагностику кератэктазии. Диагностическая платформа CorVis ST позволяет оценивать биомеханические свойства преимущественно роговицы, получать скорректированное значение ВГД и рассчитывать с определенной долей вероятности риск наличия КК или предрасположенности к кератэктазии с учетом кератотопографических, кератотомографических и кератопахиметрических данных, но, к сожалению, не позволяет достоверно верифицировать диагноз на ранних стадиях развития КК.

Таким образом, однозначные, клинически значимые результаты динамической двунаправленной пневмоаппланации роговицы могут быть получены посредством ORA и CorVis ST при развитых стадиях КК. Использование точных количественных показателей при этом позволяет проводить мониторинг биомеханического состояния роговицы в динамике с целью прецизионной диагностики на предмет прогрессирования КК путем оценки динамики показателей у одного и того же пациента с течением времени. На ранних этапах развития заболевания корректнее было бы говорить о том, что этот метод позволяет не столько диагностировать КК, сколько исключать или подтверждать склонность к его развитию в соответствии со статистическими данными. Особенно это актуально при предоперационном скрининге пациентов перед кераторефракционными хирургическими вмешательствами, когда в сомнительных случаях пациентам может быть рекомендовано воздержаться от планируемой лазерной коррекции зрения.

Кросслинкинг роговичного коллагена (КРК) в разной степени способствует повышению биомеханической прочности роговицы – в зависимости от стадии и формы КК, а также протокола и техники операции. Однако получаемые авторами результаты зачастую носят весьма дискуссионный характер.

Так, одни исследователи по результатам ORA после проведения КРК по стандартному протоколу у пациентов с КК отмечали статистически достоверное повышение корнеального гистерезиса СН и коэффициента резистентности роговицы CRF, по итогам других исследований после КРК были получены обратные результаты – отсутствие статистически значимой разницы между пред- и послеоперационными значениями или даже снижение этих показателей в некоторых группах и на определенных сроках наблюдения. После проведенного КРК было отмечено повышение качества исследования WS, что, по мнению авторов, можно интерпретировать как следствие улучшения оптических свойств тканей роговицы и выравнивания ее формы (уменьшения иррегулярности передней поверхности роговицы в результате проведенного КРК). Было показано, что после КРК высота и ширина пиков графической кривой, отражающей интенсивность отраженного от поверхности роговицы инфракрасного рефлекса, возрастают по сравнению с предоперационными значениями, что, по мнению авторов, можно расценивать как подтверждение структурных изменений роговицы вследствие КРК [4, 5, 9].

Некоторые исследователи по результатам CorVis ST отмечают, что после проведения стандартного КРК изменяется ответ роговицы (площадь, глубина и скорость аппланации и индентации, профиль роговицы в процессе исследования) на пневмоаппланацию, и связывают это как со структурными изменениями стромы, так и с послеоперационным моделированием поверхности роговицы (повышением однородности и регулярности роговицы после КРК). После проведения КРК уменьшается

глубина индентации роговицы, оцениваемая через амплитуды деформации и дефлекции DA и DefA, увеличивается показатель жесткости SP-A1. Было зафиксировано увеличение ширины второй аппланации A2-length, снижение скорости до момента второй аппланации A2-velocity, увеличение времени до положения первой и второй аппланации A1-time и A2-time; роговица после КРК медленнее восстанавливает исходную форму. По результатам других исследований не было выявлено статистически значимых изменений в послеоперационном периоде; авторы полагают, что вследствие КРК модифицируются те тонкие биофизические свойства ткани роговицы, которые находятся вне чувствительности метода [4, 5, 9].

Анализ биомеханического статуса роговицы до и после КРК позволяет изучать его влияние на тонкие физические свойства роговицы, сравнивать по эффективности протоколы кросслинкинга между собой, а также проводить персонализированные вмешательства и прогнозировать их результат, основываясь на индивидуальных особенностях биомеханики роговицы каждого пациента с КК. CorVis ST при этом является более подходящей для подобных задач платформой [30–32].

Таким образом, несмотря на то что динамическая двунаправленная пневмоаппланация, проводимая посредством обеих диагностических платформ, может быть успешно использована с целью анализа эффективности проводимого при КК лечения, эта методика требует аргументированной интерпретации получаемых данных. Противоречивость результатов исследований и разнонаправленный характер выявляемых изменений после стандартного протокола КРК можно объяснить рядом факторов, таких как дизайн исследований, сроки наблюдения и особенности послеоперационного ведения пациентов.

Имплантация интрастромальных сегментов или колец при КК по результатам большинства наблюдений не приводит к статистически значимым изменениям СН и CRF. Было только отмечено, что после этого вида хирургических вмешательств достоверно уменьшается ширина пика инфракрасного рефлекса в момент первой аппланации роговицы и снижается высота пика в положении второй аппланации, что косвенно свидетельствует об изменении оптических свойств роговицы вследствие операции [9]. По результатам одних исследований не было выявлено статистически значимых изменений со стороны показателей и индексов CorVis ST. Согласно другим данным, операция приводит к повышению показателя жесткости SP-A1, обратного радиуса кривизны IR, коэффициента деформации DA ratio и индекса напряженно-деформированного состояния SSI, а также к снижению относительной толщины роговицы по Амброзио ARTh [33–35]. Результаты исследований сложно интерпретировать в связи с тем, что получаемые данные зависят от типа имплантируемых сегментов или колец, метода имплантации и прочих объективных и субъективных факторов.

Применение динамической двунаправленной пневмоаппланации роговицы методом CorVis ST позволяет оптимизировать и персонализировать подход к имплантации роговичных сегментов на основе математического моделирования биомеханического статуса роговицы и исходов хирургического вмешательства [36].

Кератопластика, как сквозная, так и послойная, приводит к неоднозначным результатам ORA. После глубокой передней послойной кератопластики корнеальный гистерезис СН и фактор резистентности роговицы CRF приближаются к значениям здоровой нормы или даже превышают ее. После сквозной кератопластики были отмечены как сниженные по сравнению с нормой показатели, так и близкие к ней и



повышенные. После сквозной кератопластики было отмечено, что амплитуда деформации DA выше среднестатистической нормы. По данным CorVis ST между результатами проникающей и глубокой передней послойной кератопластики были выявлены статистически значимые отличия и разнонаправленные отличия по сравнению со здоровой нормой [2, 37–40].

В связи с тем, что после перенесенной кератопластики при проведении динамической пневмоаппланации имеет место оценка не собственно роговицы, а скорее, имплантата и его интегрированности с глазным яблоком, результаты зависят от свойств донорского материала и хирургической техники, такие исследования способны представлять определенный научный интерес, однако на практике могут быть использованы исключительно для мониторинга на предмет рецидива кератэктазии на имплантате.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные технологии, такие как динамическая двунаправленная пневмоаппланация роговицы, позволяют получать детализированные данные о биомеханическом статусе роговицы при КК в количественном выражении. Такой подход открывает новые возможности для персонализированного подхода к ведению пациентов с КК, при котором терапия может быть подобрана под индивидуальные биомеханические параметры. Прецизионная количественная оценка биомеханических свойств роговицы *in vivo* становится не только инструментом диагностики, но и важным элементом в разработке и внедрении новых методов лечения, обеспечивая их безопасность и эффективность. Количественная прижизненная оценка биомеханического статуса роговицы позволяет не только более точно диагностировать заболевание на ранних стадиях, но и прогнозировать его прогрессирование, а также оценивать эффективность новых методов лечения, внедрение которых в клиническую практику на современном уровне развития медицины требует строгой доказательной базы. Использование количественных оценок позволяет исследовать корреляции между биомеханическими свойствами роговицы при КК, клинической динамикой заболевания и проводимым лечением, что способствует как развитию инновационных методов лечения, так и более точному прогнозированию его результатов у конкретных пациентов.

По итогам многочисленных исследований методом динамической двунаправленной пневмоаппланации роговицы с использованием платформ ORA и CorVis ST были определены статистические отличия в распределении оцениваемых параметров в норме и при КК. Полученные эпидемиологические данные не всегда позволяют достоверно верифицировать диагноз у конкретного пациента, но могут быть использованы в комплексной офтальмологической диагностике для ранжирования степени риска наличия кератэктазии и наблюдения пациента в динамике, что было использовано в современных версиях программного обеспечения приборов и активно применяется в офтальмологической практике при скрининговом обследовании пациентов перед лазерной коррекцией зрения и при мониторинге пациентов с КК на предмет прогрессирования кератэктазии.

Несмотря на достигнутые успехи, возможности существующих диагностических подходов и платформ имеют некоторые ограничения, особенно на ранних стадиях развития КК, поэтому в клинической практике используются в комплексе с другими

специальными методами офтальмологической диагностики. Вместе с тем динамическая двунаправленная пневмоаппланация имеет высокий диагностический и прогностический потенциал: перспективным направлением является разработка новых диагностических критериев и оценочно-аналитических алгоритмов с повышением чувствительности и специфичности исследования.

Помимо двух вышеописанных диагностических подходов, исследователями были предложены и апробированы еще некоторые способы регистрации динамического состояния роговицы при пневмоаппланации: оптическая когерентная томография, динамическая видеокератоскопия, высокочастотная ультразвуковая биомикроскопия, спекл-интерферометрия и другие [2, 8], но в клинической практике распространения не получили и приборостроением в виде диагностических платформ и устройств реализованы не были.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Sinjab MM. *Quick Guide to the Management of Keratoconus: A Systematic Step-by-Step Approach*. Springer, 2012. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-21840-8>
2. Alio JL. *Keratoconus: Recent Advances in Diagnosis and Treatment*. Springer, 2017. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-43881-8>
3. Roberts CJ, Liu J. *Corneal Biomechanics: From Theory to Practice*. Kugler Publications, 2017.
4. Sinjab MM, Cummings AB. *Corneal Collagen Cross Linking*. Springer, 2017. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-39775-7>
5. Barbara A. *Controversies in the Management of Keratoconus*. Springer, 2019. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-98032-4>
6. Carriazo C, Cosentino MJ. *New Frontiers for the Treatment of Keratoconus*. Springer, 2021. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-66143-4>
7. Almodin E, Nassaralla BA, Sandes J. *Keratoconus: A Comprehensive Guide to Diagnosis and Treatment*. Springer, 2022. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-85361-7>
8. Armia A, Mazzotta C. *Keratoconus: Current and Future State-of-the-Art*. Springer, 2022. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-84506-3>
9. Das S. *Keratoconus: Diagnosis and Treatment*. Springer, 2022. <https://doi.org/10.1007/978-981-19-4262-4>
10. Avetisov SE, Petrov SYu, Bubnova IA, et al. Impact of the central thickness of the cornea on the results of tonometry (a review of literature). *Russian Annals of Ophthalmology*. 2008;124(5):3–7. (In Russ.)
11. Avetisov SE, Bubnova IA, Antonov AA. Investigation of the biomechanical properties of the cornea in patients with normotensive and primary open-angle glaucoma. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2008;124(5):14–16. (In Russ.)
12. Avetisov SE, Novikov IA, Bubnova IA, et al. Investigation of the biomechanical properties of the cornea by bidirectional applanation: new approaches to interpreting the results. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2008;124(5):22–25. (In Russ.)
13. Avetisov SE, Novikov IA, Bubnova IA, et al. A new principle in the investigation of the biomechanical properties of the cornea (a preliminary communication). *Russian Annals of Ophthalmology*. 2008;124(5):25–28. (In Russ.)
14. Avetisov SE, Bubnova IA, Antonov AA. Corneal biomechanics: clinical importance, evaluation, possibilities of systemization of examination approaches. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2010;126(6):3–7. (In Russ.)
15. Avetisov SE, Bubnova IA, Antonov AA. Clinical and experimental aspects of investigation of biomechanical properties of corneal shell. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2013;129(5):83–91. (In Russ.)
16. Avetisov SE, Bubnova IA, Antonov AA. Variability in biomechanical properties of the fibrous tunic of the eye in a healthy population. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2015;131(5):20–25. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/oftalma2015131520-24>
17. Reichert Technologies. Ocular Response Analyzer® G3 Auto Tonometer + Corneal Hysteresis User's Guide. USA, 2020.
18. Avetisov SE, Bubnova IA, Novikov IA, et al. Fibrous tunic biomechanics and biometric indices. Report 2. The impact of topographic features in keratoconus. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2011;127(3):5–7. (In Russ.)
19. Oculus. Corneal Biomechanics (Oculus Special Supplement 2025). [Online resource]. Retrieved from / URL: <https://www.corneal-biomechanics.com/en/biomechanics/> (accessed: 08.08.2025)
20. Solodkova EG, Balalin SV, Sibakin DD. Primenenie programmno obespecheniya dlya analiza biomekhanicheskikh svoystv rogovicy u pacientov s keratokonusom i u zdorovykh lic. *Innovacii. Praktika, Issledovaniya*. 2023;5(10):49–52. (In Russ.) <https://doi.org/10.18411/iip-12-2023-11>
21. Flockerzi E, Seitz B. Keratectasia severity staging and progression assessment based on the biomechanical E-staging. *Eye Vis (Lond)*. 2024 Jul 1;11(1):24. <https://doi.org/10.1186/s40662-024-00392-3>
22. Iomdina EN, Bauer SM, Kotliar KE. *Biomechanika glaza: teoreticheskie aspekty i klinicheskie prilozheniya* [Biomechanics of the eye: theoretical aspects and clinical applications]. M., 2015. (In Russ.)
23. Avetisov SE, Bubnova IA, Novikov IA, et al. Fibrous tunic biomechanics and biometric indices. Report 1. The impact of axial length, thickness and corneal curvature. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2011;127(3):3–5. (In Russ.)
24. Avetisov SE, Osipyan GA, Abukerimova AK, et al. Experimental studies of the biomechanical properties of the cornea. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2022;138(3):124–131. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/oftalma2022138031124>
25. Bubnova IA, Averich VV, Belousova EV. Influence of corneal biomechanical properties on IOP indices in patients with keratoconus. *The EYE GLAZ*. 2019;21(4(128)):15–19. (In Russ.) <https://doi.org/10.33791/2222-4408-2019-4-15-19>
26. Avetisov SE, Novikov IA, Bubnova IA, et al. Determination of corneal elasticity coefficient using the ORA database. *J Refract Surg*. 2010 Jul;26(7):520–4. <https://doi.org/10.3928/1081597X-20091030-01>



27. Solodkova EG, Malyugin BE, Zakharov IN, et al. Analysis of corneal biomechanical properties in different keratopographic patterns of keratoconus. *Journal of Volgograd State Medical University*. 2024;21(2):79–86. (In Russ.) <https://doi.org/10.19163/1994-9480-2024-21-2-79-86>
28. Solodkova EG, Malyugin BE, Zakharov IN, et al. Analysis of Corneal Biomechanical Properties in Different Keratopographic Patterns of Keratoconus. *J Curr Ophthalmol*. 2024 29;35(3):249–258. https://doi.org/10.4103/joco.joco_83_23
29. Malugin BE, Solodkova EG, Balalin SV, et al. Evaluation of changes in corneal biomechanics in eyes with keratectasia. *Modern technologies in ophthalmology*. 2021;5:179–187. (In Russ.) <https://doi.org/10.25276/2312-4911-2021-5-179-187>
30. Blackburn BJ, Rollins AM, Dupps WJ Jr. Biomechanics of Ophthalmic Crosslinking. *Transl Vis Sci Technol*. 2021;10(5):8. <https://doi.org/10.1167/tvst.10.5.8>
31. Solodkova EG, Malyugin BE, Fokin VP, et al. Analysis of the results of modified personalized topographically and tomographically oriented technique of ultraviolet corneal collagen crosslinking. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2023;139(3):5–14. (In Russ., In Engl.) <https://doi.org/10.171116/oftalma20231390315>
32. Krungkraipetch L, Assawaboonyadech A, Supajitgulchai D. Corneal biomechanical property changes following corneal collagen cross-linking in keratoconus: a systematic review and meta-regression analysis. *Int Ophthalmol*. 2025 Jun 28;45(1):270. <https://doi.org/10.1007/s10792-025-03617-z>
33. Hamon L, Pfahl LJ, Flockerzi E, et al. Biomechanical effect of intracorneal ring segment implantation. *Acta Ophthalmol*. 2022;100. <https://doi.org/10.1111/j.1755-3768.2022.15527>
34. Hamon L, Pfahl LJ, Flockerzi E, et al. Implantation of Intracorneal Ring Segments in Keratectasia: Effects on Corneal Biomechanics in 112 Eyes. *Cornea*. 2024;43(6):702–709. <https://doi.org/10.1097/ICO.0000000000003419>
35. Hayat UK, Shiwani HA, Memon D, et al. Intracorneal Ring Segments in Keratoconus: A Narrative Literature Review. *Clin Ophthalmol*. 2025;19:2249–2257. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S520174>
36. Solodkova EG, Izmailova SB, Zakharov IN, et al. Streamlined approach to corneal ring implantation based on mathematical modeling. *Russian Journal of Clinical Ophthalmology*. 2025;25(Special Issue):7–18. (In Russ.) <https://doi.org/10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-1>
37. Yenerel NM, Kucumen RB, Gorgun E. Changes in corneal biomechanics in patients with keratoconus after penetrating keratoplasty. *Cornea*. 2010;29(11):1247–51. <https://doi.org/10.1097/ICO.0b013e3181ca6383>
38. Goldhagen BE, Hwang RY, Kuo AN, et al. Changes in Corneal Biomechanics after Penetrating Keratoplasty in Keratoconus. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2012;53(14):1511.
39. Nawaz S, Ahmad Sofi I, Maharana PK, et al. Comparison of biomechanical properties between post penetrating keratoplasty and deep anterior lamellar keratoplasty in keratoconus patients using ocular response analyser. *International Journal of Medical Research and Review*. 2015;3(9):939–946. <https://doi.org/10.17511/ijmrr.2015.9.175>
40. Ziaei M, Vellara HR, Gokul A, et al. Comparison of corneal biomechanical properties following penetrating keratoplasty and deep anterior lamellar keratoplasty for keratoconus. *Clin Experiment Ophthalmol*. 2020;48:174–182. <https://doi.org/10.1111/ceo.13677>



Семак Г.Р.¹, Ремезова О.И.²✉, Маркова Ю.В.², Криштопенко Г.В.², Ковшель Н.М.², Ковриго О.А.²

¹ Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

² Филиал открытого акционерного общества «Минский тракторный завод» – «Медицинский центр МТЗ», Минск, Беларусь

Возможности восстановления роговицы при нестандартной реабилитации после LASIK

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: концепция исследования, редактирование текста, научное руководство – Семак Г.Р.; анализ данных, обзор литературы – Ремезова О.И.; описание результатов и выводов исследования – Маркова Ю.В.; редактирование – Криштопенко Г.В., Ковшель Н.М., Ковриго О.А.

Подана: 11.07.2025

Принята: 08.09.2025

Контакты: olga_eve2009@inbox.ru

Резюме

Результаты кераторефракционной хирургии на сегодняшний день достаточно предсказуемы, высокоточны и в значительной степени определяются способностью роговицы к восстановлению. Основными факторами, влияющими на характер регенерации, являются тип операции, степень аметропии, сопутствующие патологические состояния глазной поверхности и коморбидная патология. Для достижения ожидаемого результата крайне важна тщательная предоперационная подготовка пациента, включающая комплексное обследование переднего отрезка глаза. Однако выявление субклинических признаков дистрофий и дегенераций роговицы не всегда возможно в ходе стандартной (рутинной) предоперационной диагностики, что может приводить к нестандартным осложнениям послеоперационного периода. Представленный клинический пример у пациента с интраоперационной манифестацией эпителиальной дистрофии базальной мембраны (ЭДБМ) демонстрирует эффективность применения субконъюнктивальных инъекций препарата низкомолекулярной гиалуроновой кислоты после эксимерлазерной коррекции зрения методом LASIK.

Ключевые слова: реабилитация, дистрофии роговицы, LASIK, ЭДБМ, гиалуроновая кислота, регенерация



Semak G.¹, Remezava V.² ✉, Markova Yu.², Krishtopenko H.², Kovshel N.², Kovrigo O.²

¹ Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

² Branch of the Open Joint Stock Company "Minsk Tractor Works" – "Medical Center MTZ", Minsk, Belarus

Opportunities of Corneal Recovery in Non-Standardized Rehabilitation after LASIK

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: research concept, text editing, scientific supervision – Semak G.; data analysis, literature review – Remezava V.; description of research results and conclusions – Markova Yu.; editing – Krishtopenko G., Kovshel N., Kovrigo O.

Submitted: 11.07.2025

Accepted: 08.09.2025

Contacts: olga_eve2009@inbox.ru

Abstract

The results of keratorefractive surgery today are quite predictable and highly accurate and are largely determined by the ability of the cornea to regenerate. The main factors influencing the character of regeneration are the type of surgery, the degree of ametropia, concomitant pathologic conditions of both ocular surface and comorbid pathology. To achieve the expected result, an important stage is a thorough preoperative preparation of the patient, including a comprehensive examination of the anterior segment of the eye. However, detection of subclinical signs of corneal dystrophies and degenerations is not always possible during standard (routine) preoperative diagnostics, which may lead to non-standard complications of the postoperative period. The presented clinical example in a patient with intraoperative manifestation of epithelial basal membrane dystrophy (EBMD) demonstrates the efficacy of subconjunctival injections of low molecular weight hyaluronic acid after excimer laser LASIK vision correction.

Keywords: rehabilitation, corneal dystrophies, LASIK, EMBD, hyaluronic acid, regeneration

■ ВВЕДЕНИЕ

LASIK – одна из наиболее часто выполняемых кераторефракционных операций в мире [12]. Несмотря на высокую распространенность и тщательный отбор пациентов, а также предоперационную диагностику, мы можем столкнуться с некоторыми особенностями хода операции или нестандартным течением восстановительного периода. Некоторые состояния, такие как дистрофия базальной мембраны, могут иметь асимптомное течение и манифестировать только после проведения хирургического вмешательства.

Эпителиальная дистрофия базальной мембраны (ЭДБМ) является наиболее распространенной из группы передних дистрофий роговицы. Ее частота колеблется от 2% до 6% случаев среди населения [1]. Патологические изменения включают утолщение базальной мембраны с проминенцией ее в толщу переднего эпителия роговицы и интраэпителиальные кисты с цитоплазматическими включениями (при точечных помутнениях) [2]. Зачастую указанные гистологические изменения имеют

бессимптомное течение, что затрудняет своевременную диагностику заболевания. В некоторых случаях развиваются рецидивирующие эрозии эпителия роговицы [3].

Пациенты с ЭДБМ имеют плохо адгезирующий эпителий роговицы и предрасположены к эпителиальному отслаиванию во время формирования роговичного локуста [4]. Недоразвитие гемидесмосом и отсутствие анкерных фибрилл у пациентов с ЭДБМ приводят к плохой адгезии эпителия и повышенному риску рецидивирующих эрозий роговицы [5]. На сегодняшний день в литературе описываются редкие случаи проявления эпителиальной дистрофии во время кераторефракционных операций [4, 6, 7].

Новым методом регенеративной медицины в офтальмологии является субконъюнктивальное использование раствора 1% низкомолекулярного натрия гиалуроната (НМ-NaГ) Гиал-Ин, который обладает доказанной эффективностью при лечении пациентов с хроническими дистрофическими заболеваниями роговицы [9, 10].

Гиалуроновая кислота (ГК) представляет собой полисахарид из группы гликозаминогликанов, состоящий из повторяющихся фрагментов D-глюкуроновой кислоты и N-ацетилглюкозамина. ГК обнаруживается главным образом во внеклеточном и перичеллюлярном матриксе, но может встречаться и внутри клеток [3]. Существует несколько механизмов действия ГК на глазную поверхность: поддержание эластичности и вязкости сред, гидратация, передача сигналов, регулирующих состояние цитоскелета, внутрь клетки, экспрессия генов пролиферации и дифференцировки, создание условий для жизнедеятельности стволовых клеток глазной поверхности и зоны лимба [3, 9]. ГК является важным компонентом супрамолекулярной сборки протеогликанов во внеклеточном матриксе и отвечает за процессы активации, пролиферации, дифференцировки и миграции мультипотентных клеток [8].

По данным литературы, доказано положительное влияние субконъюнктивального введения 1% НМ-NaГ на течение как хронических дистрофических заболеваний роговицы, так и сопутствующего сухого глаза за счет повышения прозрачности роговицы и стабилизации водного, муцинового и липидного слоев слезной пленки по сравнению со стандартной терапией [9].

■ КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

Описание настоящего клинического случая актуально в связи с редким проявлением нарушений базальной мембраны эпителия, особенно у пациентов молодого возраста. В данной статье приведем клинический случай 30-летнего мужчины, у которого перед плановой лазерной коррекцией зрения была проведена полная предоперационная диагностика, включающая офтальмологические исследования, а также системные обследования для исключения противопоказаний. На момент осмотра пациент предъявлял жалобы на снижение зрения, в анамнезе – ношение мягких контактных линз. Хронические заболевания, герпетическую инфекцию, прием препаратов на постоянной основе отрицает. Также в анамнезе пациента работа за компьютером на протяжении 8 часов ежедневно.

Максимально скорректированная острота зрения определялась по алгоритму оптометрического обследования с учетом рефракционно-мышечного баланса. OD = 0,1 с. к. sph (-) 5,5 D cyl(-)1.0 ax170° = 1,0; OS = 0,1 с. к. sph (-) 5,5 D cyl(-)0.75 ax175° = 1,0 (SE= -6.0/-6.12). Дополнительные данные приведены в таблице.

**Характеристика предоперационных данных**
Characteristics of preoperative data

| Показатель | OD | OS |
|--|----------------------------|----------------------------|
| НКОЗ/МКОЗ | 0,1/1,0 | 0,1/1,0 |
| AKRM | -5,5 -1,0 ax170° | -5,5 -0,75 ax175° |
| SE | -6.0 | -6.12 |
| Кератометрия, K1/K2 | 43,46 ax173° / 44,47 ax83° | 43,31 ax176° / 44,27 ax86° |
| Тест Ширмера, мм | 20 | 15 |
| Пахиметрия, мкм | 540 | 543 |
| ВРСР, с | 7 | 8 |
| ДМЖ (% потерь) | 5/13,7 (1-я степень) | 11,4/22,9 (1-я степень) |
| Высота слезного мениска (по данным ОКТ Corneicus), мкм | 304 | 299 |

По результатам опросника OSDI, пациент отмечает периодическое ощущение песка в глазах, чувствительность к яркому свету и дискомфорт в ветреную погоду; сумма баллов – 6 – свидетельствует о крайне незначительных проявлениях нарушения гомеостаза глазной поверхности.

При биомикроскопии: конъюнктив бледно-розовая; роговица прозрачная сферическая блестящая; окрашивание флюоресцеином с использованием тест-полосок не выявило патологических изменений. Состояние глубжележащих сред и сетчатки не выявило противопоказаний к проведению лазерной коррекции зрения.

По результатам обследования поставлен диагноз: миопия средней степени с астигматизмом обоих глаз; ХРПДС обоих глаз.

Выполнена лазерная коррекция методом LASIK: формирование лоскута толщиной 90 мкм проводилось с помощью микрокератома Moria (3OneUsePlus), Франция; абляция стромы выполнена на эксимерном лазере SHWIND Amaris E500 (SHWIND, Германия) по заданному алгоритму при диаметре зоны абляции около 8,19–8,15 мм с учетом данных пупиллометрии; глубина абляции составила: правый глаз – 103 мкм; левый – 98 мкм.

Формирование роговичного лоскута и эксимерлазерная коррекция выполнены без осложнений: при укладке лоскута наблюдалось повышенное смещение эпителия относительно боуеновой мембраны, эпителий собирался в складки и отслаивался фрагментами.

Послеоперационно назначены дезинфицирующие капли и лубриканты.

На следующий день после операции острота зрения на правом глазу составила 0,6–0,7 без коррекции; на левом – около 1,0. Жалобы на затуманивание зрения, дискомфорт и светобоязнь.

При биомикроскопии: конъюнктив бледно-розовая; роговица отечна по всей площади эпителия; дефект эпителия выявлен в центральной зоне при окрашивании флюоресцеином (рис. 1). Глубжележащие среды без патологических изменений.

ОКТ роговицы демонстрирует выраженную неравномерность эпителия (рис. 5А, В).

Ввиду высокого риска развития диффузного ламеллярного кератита и выраженного отека передних слоев роговицы пациенту выполнена инъекция дексаметазона 0,3 мл субконъюнктивально. Инстилляцией противовоспалительных капель продолжить согласно протоколу послеоперационного наблюдения.

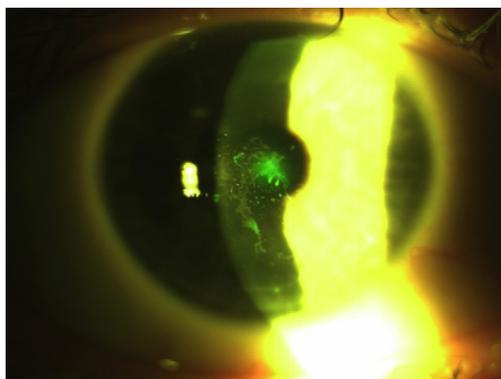


Рис. 1. Фоторегистрация передней поверхности правого глаза при окрашивании флюоресцеином (первые сутки после LASIK)
Fig. 1. Photoregistration of the anterior surface of the right eye during fluorescein staining (1 day after LASIK)

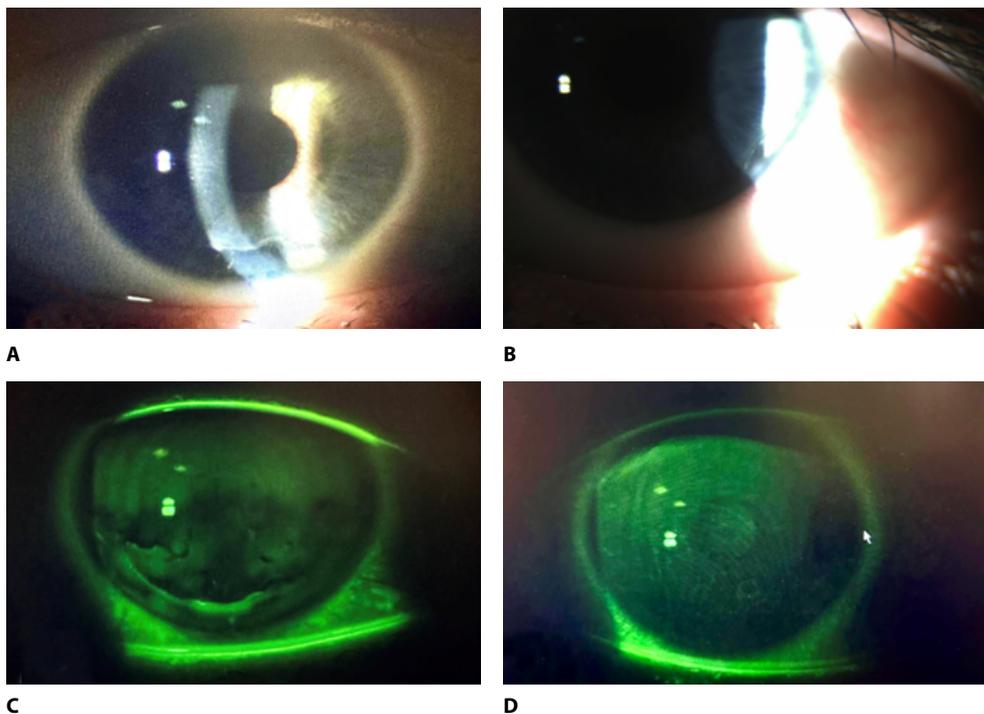


Рис. 2. Фоторегистрация переднего отрезка глаза через 1 месяц после оперативного лечения. Правый глаз (А, С) – более выраженное прокрашивание флюоресцеином, что свидетельствует о несостоятельности адгезии эпителия с базальной мембраной. Левый глаз (В, D) – менее выраженное прокрашивание, что указывает на более благоприятный процесс заживления и лучшую адгезию эпителия
Fig. 2. Photoregistration of the anterior segment of the eye one month after surgical treatment. The right eye (A, C) shows more pronounced fluorescein staining, indicating a failure of epithelial adhesion to the basement membrane. The left eye (B, D) exhibits less staining, suggesting a more favorable healing process and better epithelial adhesion



При контрольном осмотре через 1 неделю сохранялись жалобы на затуманивание зрения, дискомфорт и светобоязнь. Данные визометрии: OD=1,0; OS=1,2. Данные рефрактометрии: OD sph +0,25 cyl+0,75 ax 46; OS sph +0,5 cyl-0,75 ax 126 (SE=+0,63/+0,13). Биомикроскопически: конъюнктивa бледно-розовая; отек эпителия роговицы уменьшился; тест с флюоресцеином отражал эпителиопатию 1–2-й степени (по Н. Эфрону). Заметив сохраняющуюся эпителиопатию и вращение эпителия по нижнему краю лоскута как признаки нарушения гомеостаза глазной поверхности и активизации провоспалительных факторов на фоне манифестации дистрофии (ЭДБМ), было принято решение добавить к лечению курс препарата Гиал-ИН по 0,5 мл в каждый глаз № 3 с интервалом 7 дней на фоне продолжения инстилляций стероидных препаратов и лубрикантов [9]. Продолжено динамическое наблюдение за пациентом.

На контрольном осмотре через месяц после эксимерлазерной коррекции: на правом глазу отмечалось минимальное вращение эпителия по нижнему краю без признаков продолжающегося активного роста; минимальная эпителиопатия 0–1-й степени. На левом глазу роговичный лоскут адаптирован; на 6 часах – периферическая эпителиопатия 1-й степени, прокрашивающаяся флюоресцеином минимально (рис. 2).

Также была проведена эндотелиальная биомикроскопия с целью дополнительной оценки состояния эндотелия роговицы как уточняющий метод обследования (рис. 3). По ее результатам патологических изменений со стороны эндотелия не выявлено, что позволило сфокусировать внимание на активации регенераторных ресурсов передних слоев роговицы на уровне эпителия, боуеновой мембраны и подлежащей стромы. Рекомендовано: продолжить инстилляцию препарата 0,4% ГК и вводить субконъюнктивально препарат 1% раствора низкомолекулярной гиалуроновой кислоты по 0,3 мл в оба глаза 1 раз в месяц.

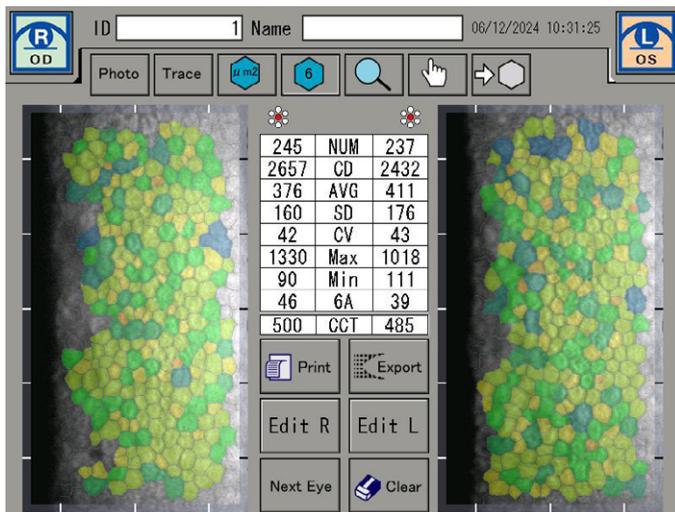


Рис. 3. Данные эндотелиограммы пациента
Fig. 3. Patient's endotheliogram data

Последующие осмотры продемонстрировали стабильную остроту зрения и отсутствие жалоб пациента на дискомфорт. Отмечалась эпителиопатия роговицы в нижнем сегменте 1–2-й степени с легким прокрашиванием флюоресцеином; признаков нарушения адгезии эпителия не выявлено. ОКТ роговицы показывало равномерность эпителия (рис. 5 С, D). Согласно опроснику OSDI, сумма баллов составила 3 (отмечалось редкое ощущение дискомфорта после сна).

Положительным результатом эффективности регенераторной терапии стали также и другие показатели диагностической оценки глазной поверхности: улучшение показателей теста Ширмера (26/28 мм), увеличение ВРСП (9/10 сек), рост высоты слезных менисков по данным ОКТ по сравнению с исходными данными (рис. 4).

Было рекомендовано продолжить регенераторную терапию (инъекции в режиме 1 раз в месяц) для достижения стабильного результата на фоне сохранения инстилляций препаратов ГК с целью минимального влияния факторов риска, провоцирующих отслаивание переднего эпителия роговицы.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Данный клинический случай представляет практический интерес, так как, несмотря на тщательную предоперационную диагностику, выявление редких состояний,

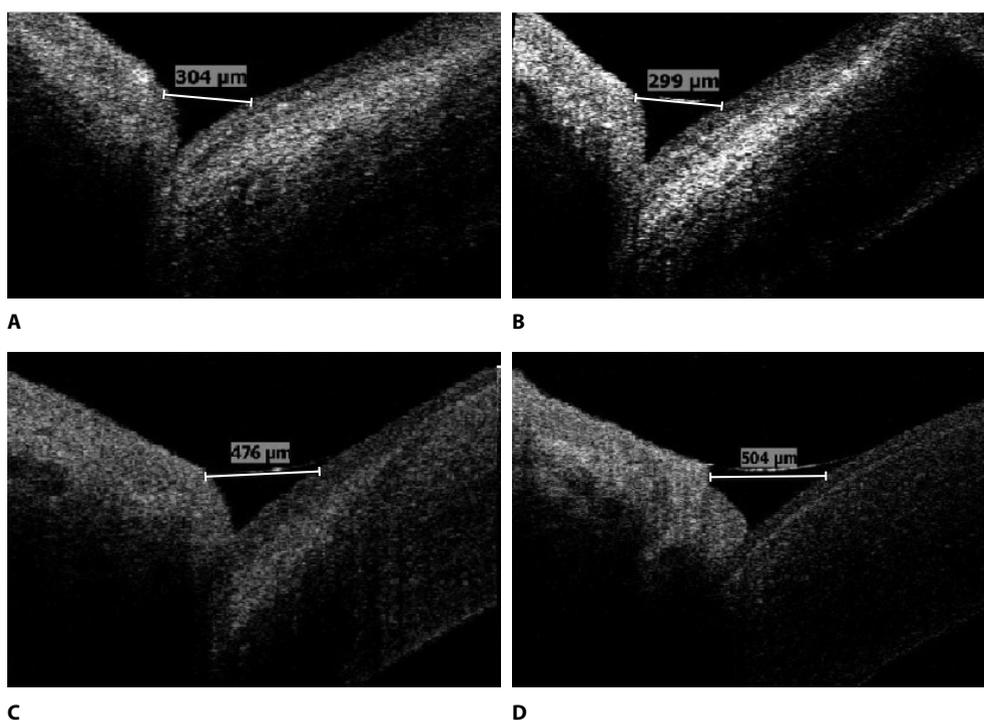


Рис. 4. Высота слезного мениска до операции (А, В) и через 2 месяца после операции (С, D) демонстрирует увеличение показателей по сравнению с предоперационными данными
Fig. 4. The height of the tear meniscus before surgery (A, B) and 2 months after surgery (C, D) demonstrates an increase in the measurements compared to the preoperative data

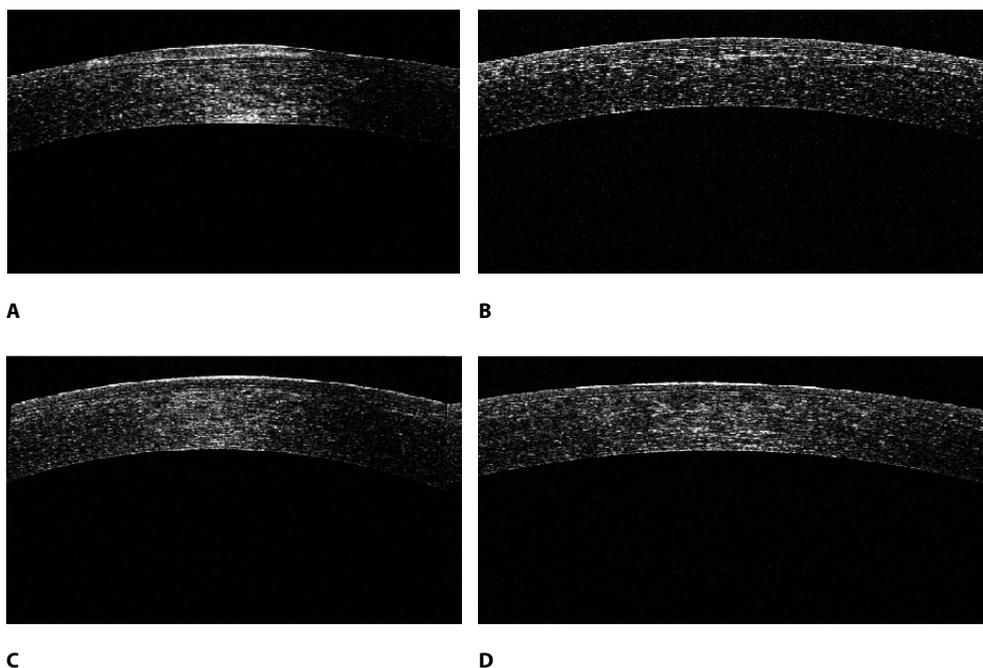


Рис. 5. Динамика изменения роговицы на ОКТ обоих глаз в первые сутки после операции (А, В) и через 2 месяца (С, D)

Fig. 5. Dynamics of changes in the cornea on OCT of both eyes on the first day after surgery (A, B) and after 2 months (C, D)

таких как дистрофии базальной мембраны эндотелия, на сегодняшний день остается сложной задачей. Отсутствие такого метода диагностики, как конфокальная биомикроскопия, мотивирует нас разрабатывать новые методы и схемы лечения дистрофических изменений роговицы для комфортного восстановления пациента и достижения высоких зрительных функций.

На всех этапах лечения было проведено тщательное мониторингирование состояния роговицы и параметров, характеризующих детальное состояние передней поверхности (ОКТ роговицы, эндотелиограмма, тест Ширмера, ВРСР, окрашивание флюоресцеином), а также определена оценка качества жизни пациента согласно субъективным ощущениям по шкале OSDI.

Комплексный подход в лечении с использованием субконъюнктивального введения низкомолекулярной ГК вызывает улучшение как субъективных (OSDI, жалобы пациента), так и объективных данных (ОКТ слезного мениска, ОКТ роговицы, биомикроскопия роговицы) в достаточно короткие сроки. Используемая схема лечения продемонстрировала более быстрое достижение минимальной клинической остроты зрения (МКОЗ) без потери строк по сравнению с описанными на сегодняшний день в литературе клиническими случаями [4, 6, 7].

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы считаем, что полученные нами результаты обусловлены высокой комплаентностью пациента во время начального этапа лечения и комплексным подходом с использованием различных форм гиалуроновой кислоты. Эффективная консервативная терапия с применением субконъюнктивальных инъекций 1% НМ-NaГ позволяет отсрочить, а в некоторых случаях и избежать проведения фототерапевтической кератэктомии – основного хирургического метода лечения ЭДБМ [11], особенно в условиях повышенного риска развития возможных осложнений в период регенерации эпителия роговицы. Использование гиалуроновой кислоты позволяет сделать восстановительный период после LASIK более контролируемым для доктора и комфортным для пациента.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Laibson P. Microcystic corneal dystrophy. *Trans Am Ophthalmol Soc.* 1976;74:488–531.
2. Rozko Y., Shemeleva A. (2020) *Cornealdystrophy: practical manual for doctors*. Gomel: Republican research center for radiation medicine and human ecology. (In Russian)
3. Semak G.R. (2023) *Activation of regeneration and hyaluronic acid in corneal dystrophy*. Minsk: BSMU. (In Russian)
4. Dastgheib A., Thomas E., Manche E. Sloughing of corneal epithelium and wound healing complications associated with laser in situ keratomileusis in patients with epithelial basement membrane dystrophy. *Am J Ophthalmol.* 2000 Sep;130(3):297–303. DOI: 10.1016/s0002-9394(00)00504-3
5. Pérez-Santonja J.J., Galal A., Cardona C., et al. Severe corneal epithelial sloughing during laser in situ keratomileusis as a presenting sign for silent epithelial basement membrane dystrophy. *J Cataract Refract Surg.* 2005 Oct;31(10):1932–7. DOI: 10.1016/j.jcrs.2005.06.041
6. Surnina Z.V., Sukhanova E.V., Gamidov A.A. Clinical manifestation of corneal epithelial dystrophy after LASIK. *Meditsinskiy Sovet.* 2022;16(23):275–283. (In Russian) <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-23-275-283>
7. Wu P.Y., Tsui M.C., Chang C.K., et al. Epithelial basement membrane dystrophy after femtosecond laser-assisted LASIK successfully treated with in vivo confocal microscopy-assisted photorefractive keratectomy. *J Cataract Refract Surg.* 2020;46(12):e17–e19. <https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000000035>
8. Zhu J., Tang X., Ho C.T., et al. Applications and delivery mechanisms of hyaluronic acid used for topical/transdermal delivery. *Int J Pharm.* 2020 Mar 30;578:119127. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2020.119127
9. Semak G.R. (2022) *Clinical and experimental substantiation of pathogenetic methods of treatment of chronic dystrophic diseases of the cornea*. Minsk. (In Russian)
10. Semak G., Ryndova D., Smiansina A., et al. Restoration of the ocular surface homeostasis after the excimer laser correction. *Ophthalmology Easten Europe.* 2023;13(2):97–109. DOI: 10.34883/PI.2023.13.2.012
11. Woreta F.A., Davis G.W., Bower K.S. LASIK and surface ablation in corneal dystrophies. *Surv Ophthalmol.* 2015;60(2):115–122. <https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2014.08.003>
12. Sahay P., Bafna R., Reddy J.C., et al. Complications of laser-assisted in situ keratomileusis. *Indian J Ophthalmol.* 2021 Jul;69(7):1658–1669. DOI: 10.4103/ijo.IJO_1872_20



<https://doi.org/10.34883/PI.2025.15.3.021>



Сушня Г.А.¹ ✉, Красильникова В.Л.², Веренич А.В.¹, Давидюк Т.А.¹, Смирнов И.Н.³

¹ Минская областная детская клиническая больница, Минск, Беларусь

² Институт повышения квалификации и переподготовки кадров здравоохранения
Белорусского государственного медицинского университета, Минск, Беларусь

³ 10-я городская клиническая больница, Минск, Беларусь

Вителлиформная макулодистрофия у ребенка, вызванная редкой мутацией гена IMPG1: клинический случай

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: сбор материала, анализ, обработка, написание текста – Сушня Г.А.; концепция и дизайн исследования, критический пересмотр в части значимого интеллектуального содержания и одобрение, редактирование – Красильникова В.Л.; сбор материала, написание текста, редактирование – Веренич А.В.; сбор материала – Давидюк Т.А.; финальное редактирование – Смирнов И.Н.

Подана: 19.05.2025

Принята: 08.09.2025

Контакты: halina.sushchenia@yandex.ru

Резюме

Наследственные дистрофии сетчатки – клинически и генетически гетерогенная группа заболеваний, которые имеют схожие симптомы и картину глазного дна. Иногда только генетический анализ помогает верифицировать правильный клинический диагноз. В данной статье представлен клинический случай генетически подтвержденной вителлиформной макулодистрофии у ребенка, вызванной редкой мутацией гена IMPG1. Ребенок наблюдался с 2016 г. (с 8 лет) с диагнозом «вителлиформная макулодистрофия Беста». К развитию заболевания приводит чаще всего мутация в гене BEST1. В приведенном случае причиной явилась мутация в гетерозиготном состоянии в 8-м экзоне (из 17) гена IMPG1, приводящая к замене аминокислоты метионин на лизин в положении 270 (р. Met270Lys, мутация типа миссенс). Известно, что мутация гена IMPG1 обнаруживается при фовеомакулярной вителлиформной дистрофии с началом во взрослом возрасте и ранее не выявлялась у детей с клиническими проявлениями заболевания. Проведение молекулярно-генетического анализа было необходимо для верификации диагноза, а также для генетического консультирования родственников из группы риска и пренатального тестирования беременности с высоким риском.

Ключевые слова: вителлиформная макулодистрофия, наследственные заболевания сетчатки, дети, генетический анализ, мутация гена IMPG1

Sushchenia H.¹ ✉, Krasilnikova V.², Viarenich A.¹, Davidiuk T.¹, Smirnov I.³

¹ Minsk Regional Children's Clinical Hospital, Minsk, Belarus

² Institute for Advanced Studies and Retraining of Healthcare Personnel of the Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

³ 10th City Clinical Hospital, Minsk, Belarus

Vitelliform Macular Dystrophy in Child Caused by Rare Mutation of IMPG1 Gene: Clinical Case

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: collection of materials, analysis, processing, writing of the text – Sushchenia H.; concept and design of the study, critical revision for significant intellectual content and approval, editing – Krasilnikova V.; collection of materials, writing of the text, editing – Viarenich A.; collection of materials – Davidiuk T.; final editing – Smirnov I.

Submitted: 19.05.2025

Accepted: 08.09.2025

Contacts: halina.sushchenia@yandex.ru

Abstract

Hereditary retinal dystrophy is a clinically and genetically heterogeneous group of diseases that have similar symptoms and pattern of the eye bottom. Sometimes only a genetic analysis helps to verify the correct clinical diagnosis. This article presents a clinical case of a genetically confirmed Vitelliform macular dystrophy in a child caused by the rare mutation of IMPG1. The child has been observed since 2016 with 8 years of age with diagnosis of Vitelliform macular dystrophy Best. The disease is most often caused by a mutation in the BEST1 gene. In this case, the cause was a mutation in the heterozygous state in 8th exome (out of 17) of the IMPG1 gene, leading to the substitution of methionine amino acids for lysine at position 270 (p. Met270Lys, misse-type mutation). It is known that the IMPG1 gene mutation is found in feofoamacular-vitelliform dystrophy with onset in adulthood and not previously seen in children with clinical manifestations of the disease. Molecular genetic analysis was necessary to verify the diagnosis, as well as for genetic counseling of at-risk relatives and prenatal testing of high-risk pregnancies.

Keywords: vitelliform macular dystrophy, hereditary retinal diseases, children, genetic analysis, IMPG1 gene mutation

■ ВВЕДЕНИЕ

Вителлиформная макулодистрофия (ВМД) – редкое наследственное заболевание сетчатки, связанное с широким спектром макулярных поражений, обусловленное нарушениями пигментного эпителия сетчатки (РПЭ) и фагоцитарной дисфункцией, характеризующееся накоплением желтого субретинального материала [1, 2].

Заболевание может возникать в любой возрастной группе. Общепринято, что если клинические проявления обнаруживаются у пациентов в возрасте от 3 до 15 лет, то считается вителлиформной макулярной дистрофией Беста, а у пациентов в возрасте от 30 до 50 лет – ВМД с началом во взрослом возрасте с отличиями в клинической картине. По существу, это клинические диагнозы.

Болезнь Беста (ББ), или ВМД, у детей – одна из наиболее частых наследственных макулярных дистрофий детского возраста. Распространенность заболевания



составляет около 1 случая на 10 000 населения [3]. Болезнь получила свое название в честь немецкого офтальмолога Фридриха Беста, который в 1905 г. описал родословную с различными стадиями заболевания. Начало симптомов и степень потери зрения сильно варьируются [4].

Клинически ББ проявляется двусторонними, нередко асимметричными изменениями в макуле [5]. Заболевание встречается в равной степени у мужчин и женщин, без различий по половому признаку [6]. Аутосомно-доминантная макулярная дистрофия является наиболее распространенной формой, вызванной мутациями в гене BEST1, выявляется в 43,3% от общего количества пациентов с ВМД. Случаи аутосомно-рецессивной бестрофинопатии, связанные, по данным литературы, с рецессивными мутациями в гене BEST1, встречаются реже и составляют 13,3% от всех пациентов с ВМД [7].

«Специфическая центральная дистрофия желтого пятна» была впервые описана в 1974 г. Дж. Дональдом Гассом у 9 пациентов, у которых наблюдались различные симптомы, но при офтальмоскопии обнаруживалось общее явление: симметричное, приподнятое, желтое субретинальное образование с центральным пигментированным пятном в фовеа. Эта своеобразная дистрофия, которая теперь известна как фовеомакулярная вителлиформная дистрофия с началом во взрослом возрасте или вителлиформная макулярная дистрофия взрослых (ВМДВ), с тех пор изучалась многими группами исследователей по всему миру [7].

Известно, что ВМДВ – редкое заболевание, и о его распространенности сообщалось нечасто. Далвин и др. сообщили, что распространенность AOFVD в округе Олмстед, штат Миннесота, составляет от 1 случая на 7400 до 8200 человек [8]. Большинство случаев ВМДВ являются спорадическими и не подчиняются четкому принципу наследования. Тем не менее с AOFVD связывают несколько генов, в том числе PRPH2, BEST1, IMPG1 и IMPG2 [7, 9, 10].

Гены интерфоторецепторного матриксного протеогликана 1 (IMPG1) и 2 (IMPG2) были недавно идентифицированы как гены, связанные с AOFVD. IMPG1 был идентифицирован в 2013 г., а IMPG2 – в следующем году. Эти 2 гена кодируют белки, которые секретируются во внеклеточный матрикс сетчатки и играют роль в адгезии сетчатки. Мутации IMPG1 и IMPG2 среди пациентов с семейной формой AOFVD, у которых нет мутаций PRPH2 или BEST1, составляют 4 из 49, или примерно 8%. Таким образом, распространенность этого заболевания среди всех пациентов с ВМДВ, вероятно, составляет менее 8% [7, 11].

Характерной особенностью обоих заболеваний является стадийность течения. Заболевания развиваются в 4 клинических стадии, впервые описанных Кверкесом и др. в 2011 г. с помощью SD-ОСТ [12]. Клинические стадии определяются следующим образом.

Доклиническая стадия (превителлиформная): видимых изменений в макуле нет или наблюдаются сглаженность фовеолярного рефлекса и точечные желтоватые пятнышки на уровне пигментного эпителия (ПЭ) сетчатки. При этом выявляется аномальная электроокулограмма (ЭОГ) [13].

Стадия I, вителлиформная стадия: на этой стадии наблюдается классическое вителлиформное поражение в виде «яичного желтка» – субретинальное отложение желтоватого липофусциноподобного вещества, которое видно при офтальмоскопии. В редких случаях псевдокиста может быть односторонней, располагаться вне зоны

макулы, или образуются несколько вителлиформных очагов (мультифокальная форма). Острота зрения остается высокой.

Стадия II, псевдогипопионная стадия: эта стадия характеризуется отложением липофусцина в стекловидном теле. Липофусциноподобный материал разжижается и смещается книзу под действием гравитационных сил, а также прорывается через ПЭ сетчатки.

Стадия III, вителлиургическая стадия: на этой стадии вителлиформное поражение распадается и резорбируется. Ранее приобретенное вителлиформное поражение может выглядеть как «взбитое яйцо» при офтальмоскопии.

Стадия IV, атрофическая стадия: эта заключительная стадия наступает после рассасывания вителлиформных изменений. Наблюдается овальная зона атрофии ПЭ и хориокапилляров нередко с фокусами субретинального фиброза. Приблизительно в 5% случаев происходит формирование хориоидальной неоваскулярной мембраны [7, 13].

Перспективы терапии: Лю Дж. и др. в 2020 г. сообщали, что малые молекулы 4РВА и 2-НОАА могут восстанавливать глобальную и мембранную экспрессию мутантного бестрофина 1, связанного с аутосомно-доминантным заболеванием (Best vitelliform macular dystrophy – BVMD) и аутосомно-рецессивной бестрофинопатией (ARB), и эти малые молекулы имеют различные механизмы действия. Как 4РВА, так и 2-НОАА значительно увеличивали функцию каналов мутантного BVMD и ARB-бестрофина 1 в клетках HEK293T и iPSC-RPE, полученных от пациентов с BVMD и БРА. Для 4РВА повышенная функция мутантных каналов в BVMD и ARB iPSC-RPE была равна таковой у iPSC-RPE дикого типа бестрофина 1. Таким образом, применение препарата 4РВА может рассматриваться в качестве перспективного терапевтического метода лечения бестрофинопатий [14].

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Описание клинических проявлений случая вителлиформной макулодистрофии у ребенка, вызванной ранее не описанной в литературе мутацией гена IMPG1.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Представляется случай генетически подтвержденной вителлиформной макулодистрофии у ребенка, вызванной мутацией в гетерозиготном состоянии в 8-м экзоне (из 17) гена IMPG1, приводящей к замене аминокислоты метионин на лизин в положении 270 (р. Met270Lys, мутация типа миссенс) по результатам биоинформатического анализа данных секвенирования ДНК, подтвержденной секвенированием по Сегрену.

Офтальмологическое обследование включало визометрию с определением максимально скорректированной остроты зрения (МКОЗ); непрямую офтальмоскопию с помощью бесконтактной линзы MaxField 90,0 D и осмотр с 3-зеркальной линзой Гольдмана (Ocular Inc., США); оптическую когерентную томографию (ОКТ), Copernicus (OPTOPOL Technology, Польша); фоторегистрацию глазного дна проводили на фундус-камере Visucam 500 (Zeiss, Германия).

Полноэкзомное секвенирование белок-кодирующих генов человека методом парно-концевых прочтений было проведено с использованием целевого обогащения геномной ДНК.



Данные секвенирования были проанализированы с помощью автоматизированного алгоритма, заключающего в себе оценку параметров качества секвенирования (модуль FASTQC); удаление адаптеров и последовательностей с низким качеством (модуль SEQPURGE); выравнивание прочтений на версию hg19 генома человека (модуль BWA MEM); фильтрацию оптических и ПЦП-дубликатов (модуль SAMBLASTER); локальную оптимизацию выравниваний (модуль ABRA2); обнаружение вариантов и их фильтрацию согласно качеству (пакет FREEBAYES) и аннотацию вариантов относительно баз данных с клинической информацией (модуль ENSEMBL-VEP).

Алгоритм был протестирован на экзомных данных, для которых существует расшифровка генома золотого стандарта (данные Genome in a Bottle). Чувствительность алгоритма составила 98,6%, средняя специфичность – 99,1%.

Анализ нуклеотидной последовательности методом прямого секвенирования по Сэнгеру проводился на автоматическом генетическом анализаторе Applied Biosystems 3500 DNA Analyzer.

Клинический случай. Родители ребенка А. впервые обратились в 2016 г. с жалобами на снижение остроты зрения у мальчика 8 лет. Со слов родителей, снижение появилось в течение года. При предыдущем профилактическом осмотре, перед началом года, патологии не отмечалось.

При осмотре острота зрения на оба глаза 0,5/0,5 с коррекцией 0,7/0,6 (МКОЗ 20/32 по Снеллену). Оптические среды прозрачны. Передний отрезок без патологии. При офтальмоскопии в области макулы визуализировался кистозный округлый очаг с четкими контурами, с интравитреальным накоплением желтого содержимого, диаметром до 0,8 диаметра диска зрительного нерва, проминирующий в стекловидное тело. ДЗН бледно-розовые, контуры четкие. Ход и калибр сосудов не изменен (рис. 1).

ОКТ 16.02.16: отслойка нейроэпителия сетчатки в области фовеолы с накоплением гиперрефлективного вещества субретинально (рис. 2).



Рис. 1. Данные фоторегистрации глазного дна правого (А) и левого (В) глаза ребенка А. (кистозные макулярные изменения с желтым содержимым отмечены стрелками)

Fig. 1. Photorecording data of the eye bottom of right (A) and left (B) in child's eyes A. (cystic macular changes with yellow content marked by arrows)

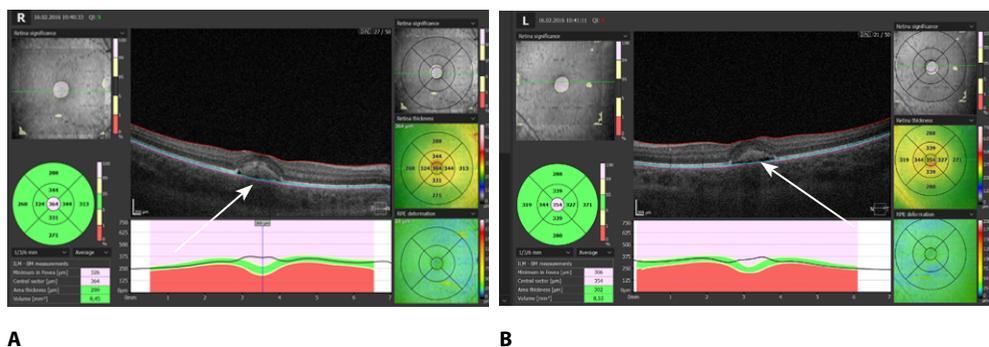


Рис. 2. Данные ОКТ правого (А) и левого (В) глаза ребенка А. (фовеолярные субретинальные изменения в обоих глазах отмечены стрелками)
Fig. 2. OCT data of the right (A) and left (B) eye of child A. (foveolar subretinal changes in both eyes are indicated by arrows)

Ребенок наблюдался до 2025 г. с периодичностью осмотров 1 раз в 6 месяцев. Острота зрения оставалась стабильной, картина глазного дна менялась незначительно и соответствовала III стадии (псевдогипопиона) (рис. 3, 4).

Поле зрения на протяжении периода наблюдения не изменялось и соответствовало нормальным возрастным показателям, при микропериметрии в 2025 г. изменений также не было выявлено.

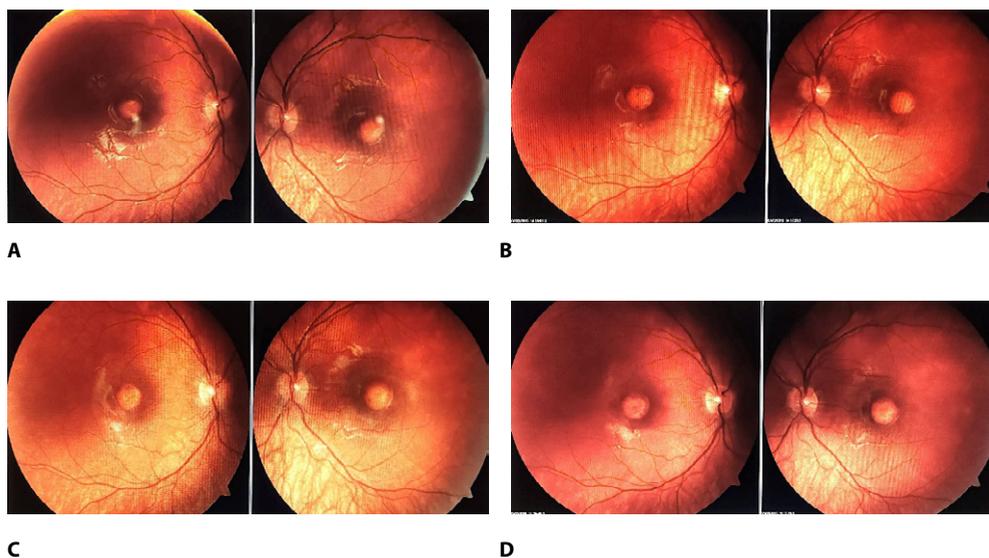


Рис. 3. Данные фоторегистрации глазного дна правого и левого глаза ребенка А. в 2016 (А), 2019 (В), 2021 (С), 2025 (D) гг. Динамика центральных изменений незначительная
Fig. 3. Data of photo recording of the eye bottom of the right and left eye of child A. in 2016 (A), 2019 (B), 2021 (C), 2025 (D) years. Central change dynamics minor

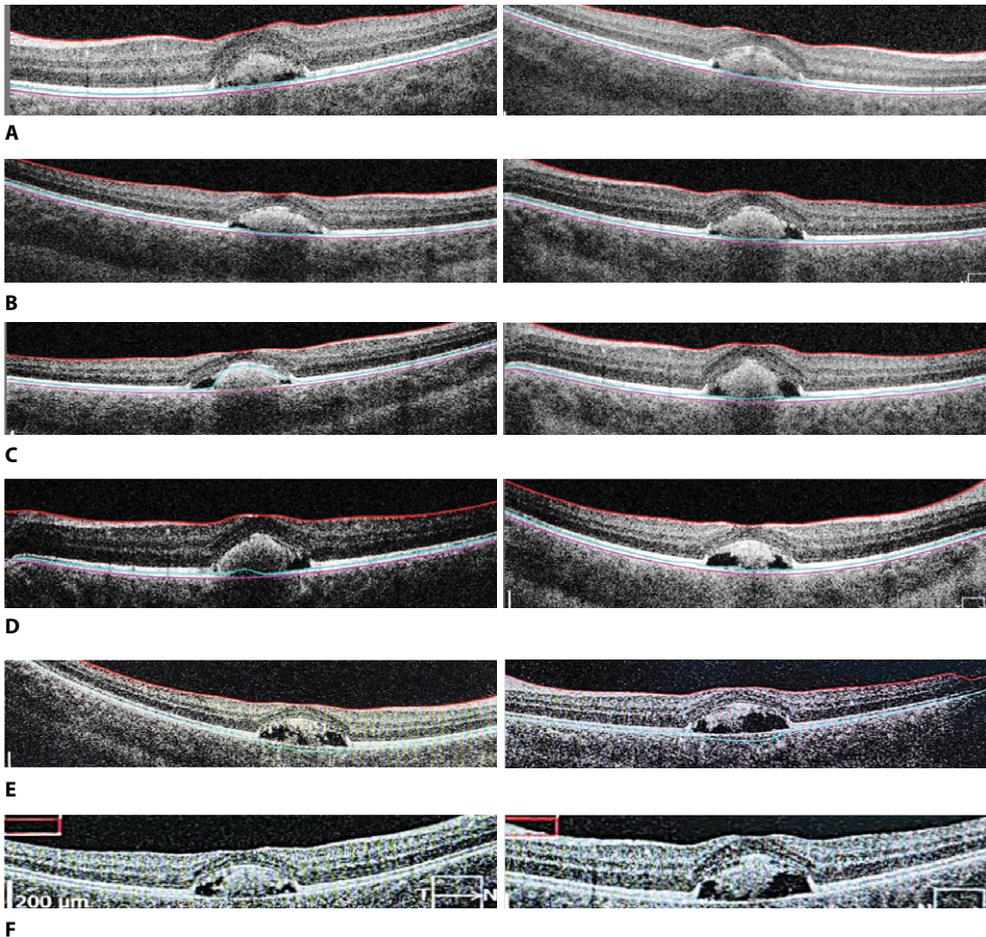


Рис. 4. Данные ОКТ макулярной зоны правого и левого глаза ребенка А. в 2016 (А), 2019 (В), 2021 (С), 2022 (D), 2023 (Е), 2025 (F) гг. Динамика центральных изменений (стадия псевдогипопиона) незначительная

Fig. 4. OCT data of the macular area of right and left eye of child A. in 2016 (A), 2021 (C), 2022 (D), 2023 (E), 2025 (F) years. The dynamics of central changes (pseudo-hypotropic stage) are minor

В 2024 г. был проведен молекулярно-генетический анализ у ребенка. Обнаружен ранее не описанный в литературе вариант в гетерозиготном состоянии в 8-м экзоне (из 17) гена *IMPG1*, приводящий к замене аминокислоты метионин на лизин в положении 270 (р. Met270Lys, мутация типа миссенс) по результатам биоинформатического анализа данных секвенирования ДНК (рис. 4), подтвержденной секвенированием по Сегрену.

К развитию ББ приводит чаще всего мутация в гене *BEST1*. В приведенном случае причиной явилась мутация в гетерозиготном состоянии в 8-м экзоне (из 17) гена *IMPG1*, приводящая к замене аминокислоты метионин на лизин в положении 270 (р. Met270Lys, мутация типа миссенс). Мутация гена *IMPG1* обнаруживается при фовеомакулярной вителлиформной дистрофии с началом во взрослом возрасте и ранее

не выявлялась у детей с клиническими проявлениями заболевания. Проведение молекулярно-генетического анализа было необходимо для верификации диагноза, а также для генетического консультирования родственников из группы риска и пренатального тестирования беременности с высоким риском.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данный клинический случай иллюстрирует, что повреждение гена IMPG1, вероятно, встречается чаще, чем принято считать, может вызывать заболевание в том числе и в детском возрасте. Генетический анализ не противоречит клиническому диагнозу «макулодистрофия Беста», лишь подчеркивает важность проведения данного исследования для понимания причин возникновения, течения, распространенности и наследования заболевания.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Tsang SH, Sharma T. Best Vitelliform Macular Dystrophy. *Adv Exp Med Biol*. 2018;1085:157–158. PMID: 30578502. doi: 10.1007/978-3-319-95046-4_29
2. Iovino C, Ramtohol P, Au A, Romero-Morales V, Sadda S, Freund KB, Sarraf D. Vitelliform maculopathy: Diverse etiologies originating from one common pathway. *Surv Ophthalmol*. 2023 May-Jun;68(3):361–379. Epub 2023 Jan 30. PMID: 36720370. doi: 10.1016/j.survophthal.2023.01.009
3. Heidary F, Gharebaghi R. Natural course of the vitelliform stage in best vitelliform macular dystrophy: a five-year follow-up study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2021;259:787–788. doi: 10.1007/s00417-020-04888-1
4. Best F. Ueber eine hereditäre Maculaaffektion. Beiträge zur Vererbungslehre. *Z Augenheilkd*. 1905;13:199–212.
5. Battaglia Parodi M, Romano F, Arrigo A, et al. Natural course of the vitelliform stage in best vitelliform macular dystrophy: a five-year follow-up study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2020;258(2):297–301. doi: 10.1007/s00417-019-04454-4
6. Frecer, V., Iarossi, G., Salvetti, A.P., et al. Pathogenicity of new BEST1 variants identified in Italian patients with best vitelliform macular dystrophy assessed by computational structural biology. *J Transl Med*. 2019;17:330. doi: 10.1186/s12967-019-2080-3
7. Nipp GE, Lee T, Sarici K, Malek G, Hadziahmetovic M. Adult-onset foveomacular vitelliform dystrophy: epidemiology, pathophysiology, imaging, and prognosis. *Front Ophthalmol (Lausanne)*. 2023 Aug 10;3:1237788. PMID: 38983024. PMCID: PMC11182240. doi: 10.3389/fopht.2023.1237788
8. Dalvin LA, Pulido JS, Marmorstein AD. Vitelliform dystrophies: prevalence in Olmsted County, Minnesota, United States. *Ophthalmic Genet*. 2017;38(2):143–7. doi: 10.1080/13816810.2016.1175645
9. Grace E, Nipp, Terry Lee, Kubra Sarici, Goldis Malek, Majda Hadziahmetovic. Adult-onset foveomacular vitelliform dystrophy: epidemiology, pathophysiology, imaging, and prognosis. *Frontiers in Ophthalmology*. 2023 August. doi: 10.3389/fopht.2023.1237788.38983024
10. Nachtigal AL, Milenkovic A, Brandl C, Schulz HL, Duerr LMJ, Lang GE, Reiff C, Herrmann P, Kellner U, Weber BHF. Mutation-Dependent Pathomechanisms Determine the Phenotype in the Bestrophinopathies. *Int J Mol Sci*. 2020 Feb 26;21(5):1597. PMID: 32111077. PMCID: PMC7084480. doi: 10.3390/ijms21051597
11. Salido EM, Ramamurthy V. Proteoglycan IMPG2 shapes the interphotoreceptor matrix and modulates vision. *J Neurosci*. 2020;40(20):4059–72. doi: 10.1523/JNEUROSCI.2994-19.2020
12. Querques G, Forte R, Querques L, Massamba N, Souied EH. Natural course of adult-onset foveomacular vitelliform dystrophy: a spectral-domain optical coherence tomography analysis. *Am J Ophthalmol*. 2011;152(2):304–13. doi: 10.1016/j.ajo.2011.01.047
13. Katargina L.A., Denisova E.V., Ryabtsev D.I. Best's disease: a clinical case study of a family case. *Russian pediatric ophthalmology*. 2015;(2). (in Russian)
14. Liu J, Taylor RL, Baines RA, Swanton L, Freeman S, Corneo B, Patel A, Marmorstein A, Knudsen T, Black GC, Manson F. Small Molecules Restore Bestrophin 1 Expression and Function of Both Dominant and Recessive Bestrophinopathies in Patient-Derived Retinal Pigment Epithelium. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2020 May 11;61(5):28. PMID: 32421148. PMCID: PMC7405785. doi: 10.1167/iov.61.5.28



<https://doi.org/10.34883/PI.2025.15.3.024>



Малиновская И.И.^{1,2} ✉, Санюк Е.И.², Радькова С.В.²

¹ Институт повышения квалификации и переподготовки кадров здравоохранения
Белорусского государственного медицинского университета, Минск, Беларусь

² 10-я городская клиническая больница, Минск, Беларусь

Хориоидальная неоваскуляризация и сопутствующие перфорирующие сосуды склеры при осложненной миопии

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: все авторы внесли существенный вклад в написание статьи.

Подана: 12.09.2025

Принята: 17.09.2025

Контакты: inna.malinovskay@mail.ru

Резюме

Цель. Оценить эффективность антиангиогенной терапии при миопической хориоидальной неоваскуляризации (мХНВ) при различном расположении перфорирующих склеральных сосудов (ПСС) на примере клинических случаев.

Материалы и методы. Проведен ретроспективный анализ 13 глаз 12 пациентов (2 мужчин, 10 женщин, средний возраст $62,4 \pm 10,1$ года) с мХНВ до и после интравитреальных инъекций афлиберцепта, с использованием мультимодальной визуализации, включая цветное фотографирование глазного дна и оптическую когерентную томографию (ОКТ). Регистрировали и оценивали наличие и локализацию ПСС, наличие артериовенозных комплексов (АВК), активность мХНВ, количество интравитреальных инъекций.

Результаты. ПСС были обнаружены в 9 из 13 глаз (69,2%), АВК в зоне мХНВ – у 4 из 13 глаз (30,1%). Все пациенты получили 1 интравитреальную инъекцию афлиберцепта в начале лечения, дополнительные инъекции выполнялись в режиме «по требованию». Среднее количество интравитреальных инъекций составило $2,06 \pm 1,17$, срок наблюдения – $19 \pm 4,1$ месяца. Глаза с АВК или без ПСС нуждались в меньшем количестве интравитреальных инъекций в течение периода наблюдения по сравнению с глазами без АВК.

Заключение. При экстремальном истончении хориоидеи при патологической миопии ПСС могут принимать участие в формировании мХНВ. Не всегда рецидивы активности мХНВ зависят от наличия или отсутствия ПСС, но их локализацию необходимо учитывать в клинической практике, т. к. они могут оказывать влияние на эффективность ангиогенной терапии. Причины различий, связанных с расположением ПСС, требуют дальнейшего изучения.

Ключевые слова: миопическая хориоидальная неоваскуляризация (мХНВ), перфорирующие склеральные сосуды (ПСС), антиангиогенная терапия

Malinovskaya I.^{1,2} ✉, Sanyuk E.², Radkova S.²

¹ Institute for Advanced Studies and Retraining of Healthcare Personnel of the Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

² 10th City Clinical Hospital, Minsk, Belarus

Choroidal Neovascularization and Concomitant Perforating Vessels of the Sclera in Complicated Myopia

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: all authors made a significant contribution to writing the article.

Submitted: 12.09.2025

Accepted: 17.09.2025

Contacts: inna.malinovskay@mail.ru

Abstract

Purpose. To evaluate the relationship between the effectiveness of antiangiogenic therapy for myopic CNV (mCNV) with different locations of perforating scleral vessels (PSV) using clinical cases as an example.

Materials and methods: a retrospective analysis of 13 eyes of 12 patients (2 men, 10 women, mean age 62.4±10.1 years) with mCNV was performed before and after intravitreal aflibercept injections using multimodal imaging, including color fundus photography and optical coherence tomography (OCT). The presence and localization of PSV, the presence of arteriovenous complexes (AVC), mCNV activity, and the number of intravitreal injections were recorded and assessed.

Results. PSV were detected in 9 of 13 eyes (69.2%), and AVC in the mCNV area were detected in 4 of 13 eyes (30.1%). All patients received 1 intravitreal injection of aflibercept at the beginning of treatment, with additional injections administered on an "as needed" basis. The average number of intravitreal injections was 2.06±1.17, the follow-up period was 19±4.1 months. Eyes with or without AVC required fewer intravitreal injections during the follow-up period compared to eyes without AVC.

Conclusion. In extreme choroidal thinning in pathological myopia, PSS may participate in the formation of mCNV. Relapses of mCNV activity do not always depend on the presence or absence of PSS, but their localization should be taken into account in clinical practice, since they can affect the effectiveness of angiogenic therapy. The reasons for the differences associated with the location of PSS require further study.

Keywords: myopic choroidal neovascularization (mCNV), perforating scleral vessels (PSV), antiangiogenic therapy

■ ВВЕДЕНИЕ

По данным ВОЗ, миопия как аномалия рефракции на сегодняшний день является одним из самых часто встречающихся офтальмологических заболеваний и относится к числу 5 основных причин нарушения зрения и слепоты. С ростом миопии во всем мире, который приобрел характер эпидемии, увеличивается и количество миопических осложнений на глазном дне [1].



Миопическая хориоидальная неоваскуляризация (мХНВ) является одной из основных причин потери зрения при миопии. По литературным данным, ее распространенность достигает 4–11% среди пациентов с патологической миопией [2–5]. У пациентов, имеющих мХНВ в анамнезе на одном глазу, риск развития мХНВ на другом глазу составляет 34,8% [6].

Существует несколько теорий развития МНВ: механическая, гемодинамическая и генетическая [7, 8]. Однако основной причиной мХНВ большинство авторов считают хориоидальную ишемию, а ее источником – хориоидальные капилляры [9]. Толщина хориоидеи становится тоньше с увеличением осевой длины, что приводит к атрофии хориоидеи и крупных хориоидальных сосудов [11]. Ohno-Matsui K. с соавторами показал, что мХНВ чаще развивается вокруг атрофических областей в зонах отсутствия хориоидеи [10, 13]. Следовательно, хориоидальные капилляры не всегда могут быть источником мХНВ. Querques G. с соавторами продемонстрировал, что перфорирующие склеральные сосуды (ПСС) также могут способствовать формированию миопической макулопатии [11] и часто обнаруживаются при лаковых трещинах. Согласно новым данным, источником мХНВ могут быть интрасклеральные сосуды [15, 16]. Так, в своей работе Ruiz-Medrano J. с соавторами показал, что ПСС были обнаружены в 93,5% глаз с мХНВ [12]. С помощью ОКТ Sayanagi K. продемонстрировал связь между ПСС и мХНВ [16]. Некоторые из них имели прямую связь, другие – через тонкую сосудистую оболочку. Клиническое значение ПСС в патологии мХНВ остается неясным.

Миопическая ХНВ представляет собой 2-й тип макулярной неоваскуляризации. Основным методом ее лечения является интравитреальное введение ингибиторов фактора роста эндотелия сосудов. Терапия показала свою высокую эффективность, однако сохраняются неопределенность как в причине рецидивов мХНВ, так и в непредсказуемом количестве необходимых инъекций. Большинство ретинологов применяют режим инъекций «по требованию» с постоянным динамическим наблюдением пациентов [17]. Недавние исследования показали, что, помимо хориоидальных факторов, ПСС могут быть тесно связаны и с терапевтической эффективностью мХНВ.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить терапевтическую эффективность антиангиогенной терапии при мХНВ при различном расположении ПСС на примере клинических случаев.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведен ретроспективный анализ 13 глаз 12 пациентов (2 мужчин, 10 женщин, средний возраст $62,4 \pm 10,1$ года) с мХНВ до и после интравитреальных инъекций афлиберцепта с использованием мультимодальной визуализации. Оценивали наличие, локализацию ПСС и активность мХНВ с использованием изображений оптической когерентной томографии (ОКТ). Пациенты получили 1 интравитреальную инъекцию афлиберцепта на исходном уровне. Дополнительные инъекции выполнялись в случае сохранения или рецидива мХНВ во время ежемесячных визитов. Регистрировали локализацию ПСС, наличие артериовенозных комплексов, количество интравитреальных инъекций и продолжительность наблюдения.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

ПСС были обнаружены в 9 из 13 глаз (69,2%), артериовенозные комплексы (АВК) в зоне мХНВ – в 4 из 13 глаз (30,1%). Среднее количество интравитреальных инъекций составило $2,06 \pm 1,17$ в течение $19 \pm 4,1$ месяца наблюдения. Глаза с АВК или без ПСС нуждались в меньшем количестве интравитреальных инъекций в течение периода наблюдения по сравнению с глазами без АВК. Расположение ПСС при мХНВ необходимо учитывать в клинической практике, а причины различий, связанных с расположением ПСС, требуют дальнейшего изучения.

Приводим клинические примеры расположения ПСС и эффективности антиангиогенной терапии.

Клинический случай № 1. Пациентка Я., 61 год. Максимально скорректированная острота зрения (МКОЗ) 0,2 (с –4,5Д), определяется субретинальное кровоизлияние в зоне активной мХНВ (рис. 1е). Выполнены 2 ежемесячные интравитреальные инъекции (ИВИ) афлиберцепта с последующим наблюдением в течение 3 лет без рецидивов активности мХНВ. На рис. 1а ОКТ-скан перед первой ИВИ, где четко прослеживаются ПСС, питающие мХНВ. На рис. 1b субретинальный фиброз, сформировавшийся после 2 ИВИ. Отсутствие рецидива активности мХНВ через 18 и 28 мес. (рис. 1с и d) с регрессией субретинального кровоизлияния в период наблюдения (рис. 1f).

Клинический случай № 2. Пациентка М., 78 лет. МКОЗ 0,2 (с –3Д). Выполнена 1 ИВИ афлиберцепта с отсутствием рецидива активности мХНВ в течение 21 мес. На ОКТ-скане (рис. 2b) перед первой ИВИ четко прослеживаются ПСС, питающие мХНВ.

Клинический случай № 3. Пациентка М., 64 года. МКОЗ 0,1 (с –7,0Д). Выполнены 7 ИВИ в течение 21 мес. с рецидивами активности мХНВ каждые 3–4 мес. На ОКТ-скане до (рис. 3а) и после ИВИ (рис. 3b) не прослеживаются видимые ПСС.

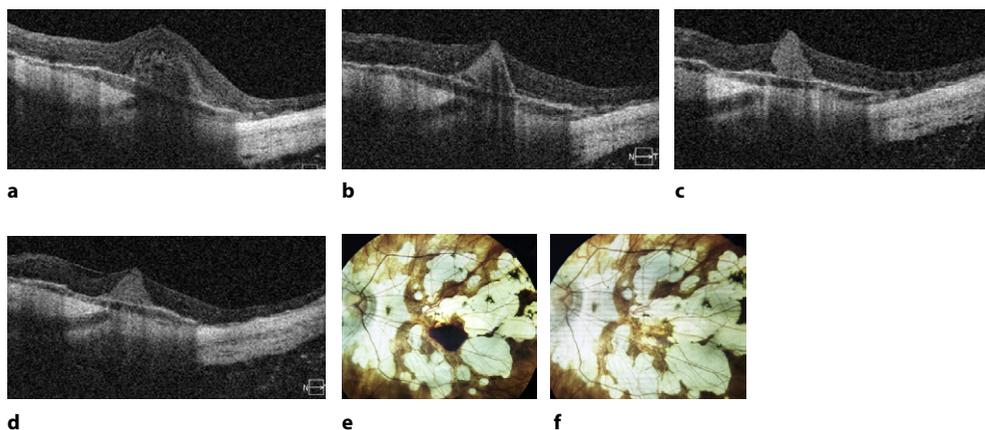


Рис. 1. Клинический случай № 1
Fig. 1. Clinical case No. 1

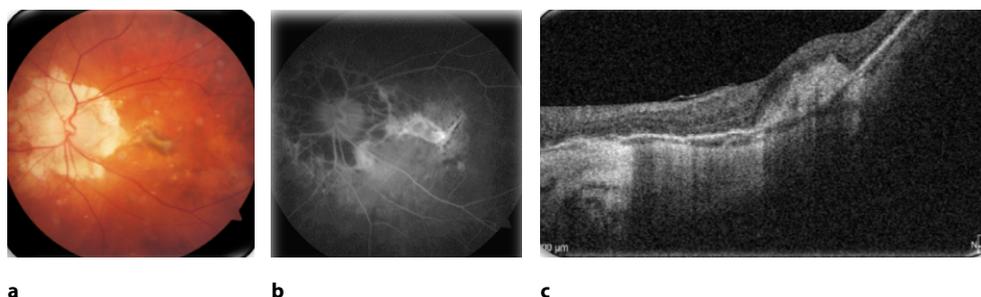


Рис. 2. Клинический случай № 2
Fig. 2. Clinical case No. 2

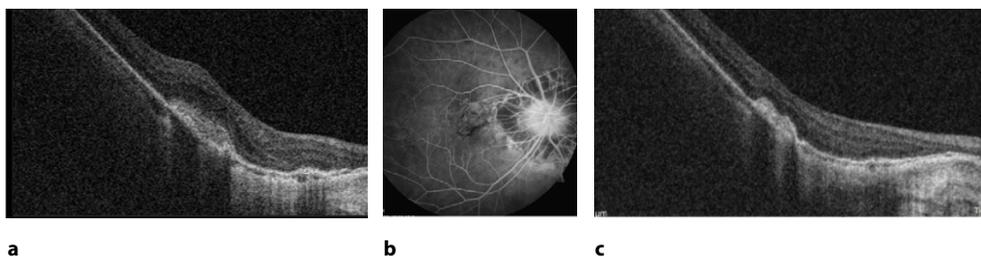


Рис. 3. Клинический случай № 3
Fig. 3. Clinical case No. 3

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При экстремальном истончении хориоидеи при патологической миопии ПСС могут принимать участие в формировании мХНВ. Это объясняет наличие кровотока в миопической мХНВ в атрофической стадии. Что же это за сосуды? По-прежнему считается, что неоваскулярный комплекс развивается из хориоидальных сосудов, хотя фактический патогенез все еще не установлен в полной мере. Более того, в некоторых случаях наблюдается фактическое исчезновение хориоидальной ткани, при этом единственными остатками данного слоя являются редкие и единичные более крупные сосуды [18]. Ohno-Matsui et al. описали наличие гипорефлективных структур на уровне склеры, соответствующих длинным и коротким задним ресничным артериям (ЗРА), при этом перфорирующие структуры проходили сквозь склеру и достигали хориоидеи [13]. Таким образом, мы сталкиваемся со структурной компенсацией, которая направлена на уменьшение местной гипоксии в условиях экстремальной ишемии при растяжении глазного яблока.

Не всегда рецидивы активности мХНВ зависят от наличия или отсутствия ПСС, но следует учитывать их локализацию и непосредственную связь с мХНВ. Эффективность антиангиогенной терапии может зависеть от локализации и непосредственной связи ПСС и мХНВ. Публикации по данной взаимосвязи появились не так давно. В наиболее цитируемой работе Ruiz-Medrano и соавторы описывают наличие ППС как предиктор резистентных миопических ХНВ [19]. Позже вышло подтверждение

от китайских коллег (Wangjing Yao и соавт.): там, где склеральный сосуд был близко к ХНВ, ответ на лечение ингибиторами ангиогенеза был более слабым [20]. ПСС и их упомянутая связь с короткими ЗРА теоретически могут обеспечить более сильный кровоток, что, в свою очередь, будет выражаться в более активной ХНВ, которая вместе с этим будет более склонна к реактивации с течением времени, однако это требует дальнейшего изучения.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Wong T.Y., Ohno-Matsui K., Leveziel N., et al. Myopic choroidal neovascularisation: current concepts and update on clinical management. *British Journal of Ophthalmology*. 2015;99:289–296. doi: 10.1136/bjophthalmol-2014-305131. Epub 2014 Jul 1.
2. Xu L., Wang Y., Li Y., Wang Y., Cui T., Li J., et al. Causes of blindness and visual impairment in urban and rural areas in Beijing: the Beijing Eye Study. *Ophthalmology*. 2006;113:e1–11.
3. Wong T.Y., Ferreira A., Hughes R., Carter G., Mitchell P. Epidemiology and disease burden of pathologic myopia and myopic choroidal neovascularization: an evidence-based systematic review. *Am J Ophthalmol*. 2014;157:9–25.e12.
4. Lai T.Y., Cheung C.M. Myopic choroidal neovascularization: Diagnosis and Treatment. *Retina*. 2016;36:1614–21.
5. Soubrane G. Choroidal neovascularization in pathologic myopia: recent developments in diagnosis and treatment. *Surv Ophthalmol*. 2008;53:121–38.
6. Ohno-Matsui K. Patchy atrophy and lacquer cracks predispose to the development of choroidal neovascularisation in pathological myopia. *British Journal of Ophthalmology*. 2003;87(5):570–573. doi: 10.1136/bjo.87.5.570
7. Chui Ming Gemmy Cheung et al. Myopic Choroidal Neovascularization: Review, Guidance, and Consensus Statement on Management. *Ophthalmology*. 2017;124(11):1690–1711. doi: 10.1016/j.ophtha.2017.04.028. Epub 2017 Jun 24.
8. Xiu Juan Zhang et al. Pathogenesis of myopic choroidal neovascularization: A systematic review and meta-analysis. *Surv Ophthalmol*. 2023;68(6):1011–1026. doi: 10.1016/j.survophthal.2023.07.006. Epub 2023 Jul 28.
9. Grossniklaus H.E., Green W.R. Pathologic findings in pathologic myopia. *Retina*. 1992;12:127–33.
10. Ohno-Matsui K., Kawasaki R., Jonas J.B., Cheung C.M., Saw S.M., Verhoeven V.J., et al. International photographic classification and grading system for myopic maculopathy. *Am J Ophthalmol*. 2015;159:877–83.e7. doi: 10.1016/j.ajo.2015.01.022
11. Querques G., Corvi F., Balaratnasingam C., Casalino G., Parodi M.B., Introini U., et al. Lacquer Cracks and Perforating Scleral Vessels in Pathologic Myopia: A Possible Causal Relationship. *Am J Ophthalmol*. 2015;160:759–66.e2.
12. Ruiz-Medrano J., Almazan-Alonso E., Flores-Moreno I., Puertas M., Garcia-Zamora M., Ruiz-Moreno J.M., et al. relationship between myopic choroidal neovascularization activity and perforating scleral vessels in high myopia. *Retina*. 2022;42:204–9.
13. Ohno-Matsui K., Akiba M., Ishibashi T., Moriyama M. Observations of vascular structures within and posterior to sclera in eyes with pathologic myopia by swept-source optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2012;53:7290–8.
14. Louzada R.N., Ferrara D., Novais E.A., Moulton E., Cole E., Lane M., et al. Analysis of scleral feeder vessel in myopic choroidal neovascularization using optical coherence tomography angiography. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina*. 2016;47:960–4.
15. Harvey C.M., Whitmore S.S., Critser D.B., Affatigato L.M., Daggett H.T., Stone E.M., et al. Scleral pits represent degeneration around the posterior ciliary arteries and are signs of disease severity in choroideremia. *Eye (Lond)*. 2020;34:746–54.
16. Sayanagi K., Hara C., Fukushima Y., Sakimoto S., Kawasaki R., Sato S., et al. Flow pattern and perforating vessels in three different phases of myopic choroidal neovascularization seen by swept-source optical coherence tomography angiography. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2021;259:2615–24.
17. Tan C.S., Sada S.R. Anti-vascular endothelial growth factor therapy for the treatment of myopic choroidal neovascularization. *Clinical Ophthalmology (Auckland, NZ)*. 2017;11:1741–1746. doi: 10.2147/OPHT.5124518. eCollection 2017.
18. Ishida T., Watanabe T., Yokoi T., et al. Possible connection of short posterior ciliary arteries to choroidal neovascularisations in eyes with pathologic myopia. *Br J Ophthalmol*. 2019;103:457–462.
19. Ruiz-Medrano J., Almazan-Alonso E., Flores-Moreno I., Puertas M., Garcia-Zamora M., Ruiz-Moreno J.M. Relationship between myopic choroidal neovascularization activity and perforating scleral vessels in high myopia. *Retina*. 2022;42(1):204–209. doi: 10.1097/IAE.00000000000003290
20. Yao W., Xu J., She X., Yu J., Liang Z., Ye X., Tao J., Wu S., Mao J., Chen Y., Zhang Y. and Shen L. Perforating scleral vessels adjacent to myopic choroidal neovascularization achieved a poor outcome after intravitreal anti-VEGF therapy. *Front. Med*. 2022;9:1065397. doi: 10.3389/fmed.2022.1065397

*Видеть
как прекрасен мир*

ТРАВАПРЕСС ПЛЮС

(Travoprost+Timolol)



- Фиксированная комбинация Травопрост+ Тимолол для комфортной терапии глаукомы
- Не содержит консервант бензалкония хлорид
- Флакон содержит достаточное количество капель для лечения обоих глаз в течение 4 недель

лекФарм®

ROMPHARM S.A.

ЛЕКАРСТВЕННЫЙ ПРЕПАРАТ.

Производитель: КО «S.C. Rompharm Company S.R.L.» (Румыния) / СООО «Лекфарм», Республика Беларусь

Информация носит рекламный характер. Имеются медицинские противопоказания и нежелательные реакции. Применение в период беременности и лактации не рекомендуется.

Ознакомьтесь с полной инструкцией по применению лекарственного препарата на сайте <https://rceth.by>