



Клиническая офтальмология

Russian Journal of Clinical Ophthalmology

Общероссийская общественная организация
«Российское общество офтальмологов-глаукоматологов»ТЕМА НОМЕРА: **Заболевания переднего отдела глаза**

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

- Взаимосвязь электролитного и микроэлементного профиля слезной жидкости с тяжестью синдрома «сухого глаза»**
Е.С. Таскина, В.А. Мудров, Е.А. Бондаревич, В.В. Бржеский, Ж.Г. Оганезова 203
- Сравнительный анализ зрительных функций после имплантации интраокулярной линзы TECNIS PureSee у пациентов с катарактой и первичной открытоугольной глаукомой**
О.А. Горынина, Р.Р. Файзрахманов, О.А. Павловский 211
- Персонализированная анкета комплаентности терапии как инструмент прогнозирования приверженности детей школьного возраста оптическим методам контроля миопии**
Ю.Н. Юсеф, Д.А. Мягков, В.И. Чудинова, С.Г. Хомяков, А.В. Мягков 218
- Морфометрические изменения сетчатки и хориоидеи у пациентов с хронической сердечной недостаточностью с сохраненной фракцией выброса по данным спектральной оптической когерентной томографии**
А.М. Фролов, Ф.Т. Дулани, М.А. Фролов, О.И. Оренбургкина, Ю.Г. Копченкова, И.В. Воробьева, Д.В. Вейберт 223
- Влияние применения лютеинсодержащих и зеаксантиносодержащих антиоксидантных витаминно-минеральных комплексов на функциональное состояние сетчатки у пациентов с «сухой» формой возрастной макулярной дегенерации и макулопатии при миопии высокой степени**
Г.Р. Алтынбаева, Г.А. Азаматова 231
- Влияние ревазуляризации заднего полюса глаза на функциональные и морфометрические показатели у пациентов с промежуточной формой возрастной макулярной дегенерации**
А.Е. Егоров, К.С. Борисова, А.В. Куроедов, Е.А. Егоров 237

ОБЗОРЫ

- Изменения протеома слезной жидкости при воздействии ионизирующего излучения: обзор литературы**
Л.Р. Тахауова, О.И. Кривошеина, Е.А. Горбунова, Т.А. Жигальская 244
- Совершенствование лечения сезонного аллергического конъюнктивита: клиническая эффективность олопатадина и пути снижения консервант-индуцированной токсичности**
Е.А. Дроздова, А.М. Богомолова, Е.В. Ядыкина 250
- Лотепреднола этабонат в офтальмологической практике: клинико-фармакологические аспекты применения**
Г.Ю. Кнорринг 255
- Нейротрофическая кератопатия: современные представления о механизмах развития и перспективы лечения**
А.В. Суров, О.И. Лебедев, Д.Е. Болгова 262
- Настоящее и будущее лазерной рефракционной хирургии роговицы (аналитический обзор современных технологий)**
И.М. Корниловский 268
- Средства индивидуальной защиты органа зрения военнослужащих: исторические аспекты и современное применение в военных конфликтах (обзор литературы)**
В.С. Кондратов, А.Н. Куликов, Т.А. Леонгардт 276



Главный редактор: ЕГОРОВ Евгений Алексеевич

(профессор, президент Российского глаукомного общества, Москва, Россия)

Editor-in-Chief: Evgeniy A. EGOROV (Professor, Russian Glaucoma Society President, Moscow, Russia)**Зам. главного редактора: КУРОЕДОВ Александр Владимирович**

(д.м.н., зав. кафедрой офтальмологии им. акад. А.П. Нестерова, Москва, Россия)

Deputy Editor-in-Chief: Aleksandr V. KUROYEDOV (Head of the Academician A.P. Nesterov Department of Ophthalmology, Moscow, Russia)**Редакционная коллегия / Editorial board****БИКБОВ Мухаррам Мухтарамович**, чл.-корр. АН РБ, профессор, Уфа, Россия
Mukharram M. BIKBOV, Professor, Corresponding Member of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan, Ufa, Russia**БОТАБЕКОВА Турсунгуль Кобжасаровна**, академик НАН РК, профессор, Алматы, Казахстан
Tursungul K. BOTABEKOVA, Academician of the National Academy of Medical Sciences of Kazakhstan, Professor, Almaty, Kazakhstan**БРЖЕСКИЙ Владимир Всеволодович**, профессор, Санкт-Петербург, Россия
Vladimir V. BRZHESKIY, Professor, St. Petersburg, Russia**БРОВКИНА Алеветина Федоровна**, академик РАН, профессор, Москва, Россия
Alevtina F. BROVKINA, Academician of the Russian Academy Science, Professor, Moscow, Russia**ВЕСЕЛОВСКАЯ Зоя Федоровна**, академик НАМН Украины, профессор, Киев, Украина
Zoya F. VESELOVSKAYA, Academician of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Professor, Kiev, Ukraine**ЗОЛОТАРЕВ Андрей Владимирович**, профессор, Самара, Россия
Andrey V. ZOLOTAREV, Professor, Samara, Russia**ЕГОРОВ Алексей Евгеньевич**, профессор, Москва, Россия
Aleksandr E. EGOROV, Professor, Moscow, Russia**ЕРИЧЕВ Валерий Петрович**, профессор, вице-президент Российского глаукомного общества, Москва, Россия
Valeriy P. ERICHEV, Professor, Russian Glaucoma Society Vice-President, Moscow, Russia**ИВАНОВА Нанули Викторовна**, профессор, Симферополь, Россия
Nanuli V. IVANOVA, Professor, Simferopol, Russia**КАСИМОВ Эльмар Мустафа Оглы**, чл.-корр. НАНА, профессор, Баку, Азербайджан
Elmar M. O. KASIMOV, Corresponding Member of the Azerbaijan National Academy of Sciences, Professor, Baku, Azerbaïdzhân**МОШЕТОВА Лариса Константиновна**, академик РАН, профессор, Москва, Россия
Larisa K. MOSHETOVA, Professor, Academician of the Russian Academy Sciences, Moscow, Russia**СИДОРЕНКО Евгений Иванович**, чл.-корр. РАН, профессор, Москва, Россия
Evgeniy I. SIDORENKO, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor, Moscow, Russia**СТРАХОВ Владимир Витальевич**, профессор, Ярославль, Россия
Vladimir V. STRAKHOV, Professor, Yaroslavl, Russia**ТАХЧИДИ Христо Периклович**, академик РАН, профессор, Москва, Россия
Khristo P. TAKHCHIDI, Academician of the Russian Academy of Sciences, professor, Moscow, Russia**ЧЕРНЫХ Валерий Вячеславович**, профессор, Новосибирск, Россия
Valeriy V. CHERNYKH, Professor, Novosibirsk, Russia**ЩУКО Андрей Геннадиевич**, профессор, Иркутск, Россия
Andrey G. SHCHUKO, Professor, Irkutsk, Russia**DADA Tanuj**, Professor of Ophthalmology, New Delhi, India**HARRIS Alon**, Professor of Ophthalmology, Indiana, USA**HOLLÓ Gabor**, Professor of Ophthalmology, Budapest, Hungary**PFEIFFER Norbert**, Professor of Ophthalmology, Mainz, Germany**SHAARAWY Tarek**, Ass. Professor of Ophthalmology, Geneva, Switzerland**SUN Xinghui**, Professor of Ophthalmology, Shanghai, China**THYGESEN John**, Professor of Ophthalmology, Copenhagen, Denmark**TRAVERSO Carlo**, Professor of Ophthalmology, Genova, Italy**Клиническая офтальмология** научно-клиническое рецензируемое издание

Том 26, №3, 2026

Учредитель ООО "Русский Медицинский Журнал"**Издатель и редакция ООО "Медицина-Информ"**

Адрес: 117628, г. Москва, ул. Ратная, д. 8

Телефон: +7(495) 545-09-80; факс: +7(495) 267-31-55

Электронная почта: postmaster@doctormedia.ru**URL:** https://clinophth.com/**Главный редактор:** профессор Е.А. Егоров**Научные редакторы:** к.м.н. Ж.Г. Оганезова,

М.В. Челюканова

Редактор-корректор: Т.В. Дека, В.Н. Калинина**Дизайн:** Д.Б. Баранов,

Ю.М. Тарабрина

Распространение: М.В. Казаков, Е.В. Федорова**Техническая поддержка и версия в Интернет:** К.В. Богомазов**Отпечатано:** ООО «Вива-Стар» Адрес: 107023, г. Москва, ул. Электрозаводская, д. 20, стр. 3Заказ № 384412. Тираж 7000 экз. Распространяется по подписке (индекс 57971) Свободная цена
Зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство о регистрации средства массовой информации
ПИ №ФС77-73422 от 03 августа 2018 годаЖурнал является научно-клиническим рецензируемым изданием. В связи с чем на него не распро-
страняются требования Федерального закона от 29.12.2010 436-ФЗ «О защите детей от информации,
причиняющей вред их здоровью и развитию»

Иллюстративный материал подготовлен с использованием https://flyvi.io/ru

Журнал входит в базу данных Scopus и Перечень ВАК Импакт-фактор РИНЦ 2025 — 0,743

▲ — на правах рекламы

Дата выхода в свет 18.08.2026

RUSSIAN JOURNAL OF CLINICAL OPHTHALMOLOGY

Vol. 26, №3, 2026

Founder LLC "Russian Medical Journal"**Publisher and Editorial Office LLC "Meditsina-Inform"**

Address: 8, Ratnaya str., Moscow, 117628, Russian Federation

Phone: +7 (495) 545-09-80; fax: +7(495) 267-31-55

E-mail: postmaster@doctormedia.ru**URL:** https://clinophth.com/**Editor-in-Chief:** Evgeniy A. Egorov**Scientific editors:** Janna G. Oganезова,

Marina V. Chelyukanova

Proof-reader: Tat'yana V. Deka, Vita N. Kalinina**Design:** Dmitry B. Baranov,

Yuliya M. Tarabrina

Distribution: Mikhail V. Kazakov, Elena V. Fedorova**Technical support and Internet version:** Konstantin V. Bogomazov**Printed:** LLC «Viva Star» Address: 20-3, Elektrozavodskaya str., Moscow, 107023, Russian Federation

Order No. 384412. Circulation of 7000 copies

Distributed by subscription (index 57971) Open price

Media outlet's registration certificate PI No. FS77-73422 issued by the Federal Service for Supervision
of Communications, Information Technology and Mass Media (Roskomnadzor) on August 03, 2018This journal is a scientific issue for doctors. As a result, the requirements of the Federal law No. 436-FZ
"On Protection of Children from Information Harmful to Their Health and Development" do not apply
to this journal"

The illustrative material was prepared using https://flyvi.io/ru

The Journal is indexed in Scopus

Date of issue: 18/08/2026



КЛИНИЧЕСКАЯ ОФТАЛЬМОЛОГИЯ

Russian Journal of Clinical Ophthalmology

Russian Society of Glaucoma Specialists



MAIN TOPIC: Anterior eye segment diseases

ORIGINAL RESEARCH

- The relationship between the electrolyte and trace element profile of tear fluid and the severity of dry eye disease**
E.S. Taskina, V.A. Mudrov, E.A. Bondarevich, V.V. Brzheskiy, J.G. Oganezova 203
- Comparative analysis of visual functions following TECNIS PureSee intraocular lens implantation in patients with cataract and primary open-angle glaucoma**
O.A. Gorynina, R.R. Fayzrakhmanov, O.A. Pavlovskiy 211
- Personalized Adherence to Compliance Therapy questionnaire as a tool for predicting adherence of school-aged children to optical methods of myopia control**
Yu.N. Yusef, D.A. Myagkov, V.I. Chudinova, S.G. Khomyakov, A.V. Myagkov 218
- Retinal and choroidal morphometric changes in patients with heart failure with preserved ejection fraction assessed by spectral-domain optical coherence tomography**
A.M. Frolov, F.T. Dulani, M.A. Frolov, O.I. Orenburkina, Yu.G. Kopchenova, I.V. Vorobyeva, D.V. Veybert 223
- Effects of lutein- and zeaxanthin-containing antioxidant vitamin-mineral complexes on retinal function in patients with dry age-related macular degeneration and myopic maculopathy associated with high myopia**
G.R. Altynbaeva, G.A. Azamatova 231
- Effect of posterior pole revascularization on functional and morphometric parameters in patients with intermediate age-related macular degeneration**
A.E. Egorov, K.S. Borisova, A.V. Kuroyedov, E.A. Egorov 237

REVIEW ARTICLES

- Changes in the tear fluid proteome under exposure to ionizing radiation: a literature review**
L.R. Takhauova, O.I. Krivosheina, E.A. Gorbunova, T.A. Zhigalskaya 244
- Optimization the treatment of seasonal allergic conjunctivitis: the clinical efficacy of olopatadine and ways to reduce preservative-induced toxicity**
E.A. Drozdova, A.M. Bogomolova, E.V. Yadykina 250
- Loteprednol etabonate in ophthalmic practice: clinical and pharmacological aspects of use**
G.Yu. Knorring 255
- Neurotrophic keratopathy: current concepts of the mechanisms of development and prospects for treatment**
A.V. Surov, O.I. Lebedev, D.E. Bolgova 262
- The present and future of laser refractive corneal surgery (an analytical review of current technologies)**
I.M. Kornilovskiy 268
- Personal eye protective equipment for military personnel: historical perspectives and contemporary use in armed conflicts (a literature review)**
V.S. Kondratov, A.N. Kulikov, T.A. Leongardt 276



DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-1

Взаимосвязь электролитного и микроэлементного профиля слезной жидкости с тяжестью синдрома «сухого глаза»

Е.С. Таскина¹, В.А. Мудров¹, Е.А. Бондаревич¹, В.В. Бржеский², Ж.Г. Оганезова³¹ФГБОУ ВО ЧГМА Минздрава России, Чита, Российская Федерация²ФГБОУ ВО СПбГПМУ Минздрава России, Санкт-Петербург, Российская Федерация³ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет), Москва, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: оценить взаимосвязь между электролитным и микроэлементным профилем слезной жидкости (СЖ) и тяжестью синдрома «сухого глаза» (ССГ) у молодых пациентов и на основе выявленных закономерностей разработать прогностическую модель для ранней диагностики и стратификации ССГ.

Материал и методы: проведено пилотное одномоментное исследование с участием 150 человек в возрасте 19 [18; 19] лет. Участники были разделены на 3 группы на основании баллов опросника Ocular Surface Disease Index (OSDI): контроль (n=50; 0–13 баллов), легкая степень ССГ (n=50; 14–21 балл) и средняя степень ССГ (n=50; 22–32 балла). Проводили стандартное офтальмологическое обследование (OSDI, время разрыва слезной пленки (ВРСП), тесты Ширмера 1 и 2) и забор СЖ для определения элементного состава методом рентгенофлуоресцентного анализа.

Результаты исследования: выявлены статистически значимые изменения элементного профиля СЖ в зависимости от тяжести ССГ. При легкой степени ССГ медианные концентрации были достоверно выше контрольных: натрия — на 324,7 (95% ДИ 197,1–516,0) мг/л, калия — на 137,3 (95% ДИ 67,1–232,9) мг/л, хлора — на 491,0 (95% ДИ 348,9–695,2) мг/л, кальция — на 4,8 (95% ДИ 3,6–6,0) мг/л, магния — на 3,3 (95% ДИ 1,6–5,5) мг/л, цинка — на 0,215 (95% ДИ 0,145–0,266) мг/л, меди — на 0,019 (95% ДИ 0,008–0,032) мг/л. При средней степени тяжести ССГ уровни ряда элементов были значимо ниже контрольных: натрия — на 503,0 (95% ДИ 322,8–690,2) мг/л, хлора — на 553,4 (95% ДИ 367,2–801,8) мг/л, кальция — на 1,2 (95% ДИ 0,1–2,6) мг/л, магния — на 5,6 (95% ДИ 4,0–7,5) мг/л, цинка — на 0,050 (95% ДИ 0,030–0,060) мг/л, меди — на 0,017 (95% ДИ 0,004–0,041) мг/л. Корреляционный анализ выявил значимые связи уровней элементов с клинико-функциональными параметрами: умеренная обратная корреляция концентрации цинка с тестом Ширмера 1 ($r=-0,462$; $p<0,001$), умеренные обратные корреляции уровня натрия и хлора в СЖ с тем же тестом ($r=-0,411$ и $-0,426$ соответственно; $p<0,001$), а также слабые прямые корреляции уровня меди ($r=0,180$; $p=0,028$) и цинка ($r=0,201$; $p=0,014$) с ВРСП.

Заключение: установлена взаимосвязь между тяжестью ССГ и стадийно-зависимым дисбалансом электролитного и микроэлементного профиля СЖ. Нелинейная динамика ключевых элементов, таких как натрий, хлор и цинк, отражает сложные патогенетические механизмы, объединяющие гипертоническую, оксидативный стресс и воспаление. Полученные результаты обосновывают перспективность дальнейшего изучения направленной коррекции выявленных нарушений, в частности применения препаратов цинка, для разработки персонализированных подходов к терапии ССГ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: слезная жидкость, синдром «сухого глаза», элементный состав, микроэлементы, макроэлементы, электролиты.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Таскина Е.С., Мудров В.А., Бондаревич Е.А., Бржеский В.В., Оганезова Ж.Г. Взаимосвязь электролитного и микроэлементного профиля слезной жидкости с тяжестью синдрома «сухого глаза». Клиническая офтальмология. 2026;26(3):203–210. DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-1

The relationship between the electrolyte and trace element profile of tear fluid and the severity of dry eye disease

E.S. Taskina¹, V.A. Mudrov¹, E.A. Bondarevich¹, V.V. Brzheskiy², J.G. Oganezova³¹Chita State Medical Academy, Chita, Russian Federation²St. Petersburg State Pediatric Medical University, St. Petersburg, Russian Federation³Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Aim: to assess the relationship between the electrolyte and trace element profile of the tear fluid (TF) and the severity of dry eye disease (DED) in young patients and, based on the identified patterns, to develop a predictive model for the early diagnosis and stratification of DED.

Patients and Methods: a pilot cross-sectional study was conducted involving 150 individuals aged 19 [18; 19] years. The participants were divided into 3 groups based on Ocular Surface Disease Index (OSDI) scores: control (n=50; 0–13 points), mild DED (n=50; 14–21 points), and moderate DED (n=50; 22–32 points). A standard ophthalmic examination was performed (OSDI, tear film break-up time (TBUT), and Schirmer tests 1 and 2), and TF was collected to determine its elemental composition by X-ray fluorescence analysis.

Results: statistically significant changes in the elemental profile of the TF were revealed depending on the severity of DED. In mild DED, the median concentrations were significantly higher than in the controls: sodium by 324.7 (95% CI 197.1–516.0) mg/l, potassium by 137.3 (95% CI 67.1–232.9) mg/l, chlorine by 491.0 (95% CI 348.9–695.2) mg/l, calcium by 4.8 (95% CI 3.6–6.0) mg/l, magnesium by 3.3 (95% CI 1.6–5.5) mg/l, zinc by 0.215 (95% CI 0.145–0.266) mg/l, and copper by 0.019 (95% CI 0.008–0.032) mg/l. In moderate DED, the levels of a

number of elements were significantly lower than in the controls: sodium by 503.0 (95% CI 322.8–690.2) mg/l, chlorine by 553.4 (95% CI 367.2–801.8) mg/l, calcium by 1.2 (95% CI 0.1–2.6) mg/l, magnesium by 5.6 (95% CI 4.0–7.5) mg/l, zinc by 0.050 (95% CI 0.030–0.060) mg/l, and copper by 0.017 (95% CI 0.004–0.041) mg/l. Correlation analysis revealed significant associations between element levels and clinical and functional parameters: a moderate inverse correlation between zinc concentration and Schirmer test 1 ($r=-0.462$; $p<0.001$), moderate inverse correlations between the TF sodium and chlorine levels and the same test ($r=-0.411$ and -0.426 , respectively; $p<0.001$), as well as weak direct correlations between the copper ($r=0.180$; $p=0.028$) and zinc ($r=0.201$; $p=0.014$) levels and TBUT.

Conclusion: DED severity was associated with a stage-dependent imbalance in the electrolyte and trace element composition of tear fluid. The nonlinear changes observed in key elements, including sodium, chloride, and zinc, likely reflect the complex pathophysiological mechanisms underlying DED, involving hyperosmolarity, oxidative stress, and inflammation. These findings support further investigation of targeted correction of these biochemical alterations, particularly zinc preparations, as a potential strategy for developing personalized therapeutic approaches for DED.

KEYWORDS: tear fluid, dry eye disease, elemental composition, trace elements, microelements, macroelements, electrolytes.

FOR CITATION: Taskina E.S., Mudrov V.A., Bondarevich E.A., Brzheskiy V.V., Oganezova J.G. The relationship between the electrolyte and trace element profile of tear fluid and the severity of dry eye disease. *Russian Journal of Clinical Ophthalmology*. 2026;26(3):203–210 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-1

ВВЕДЕНИЕ

Синдром «сухого глаза» (ССГ) представляет собой многофакторное симптоматическое заболевание, характеризующееся нарушением гомеостаза слезной пленки (СП) и/или поверхности глаза, при котором этиологическими факторами являются нестабильность и гиперосмолярность, воспаление и повреждение поверхности глаза, а также нейросенсорные нарушения [1]. Высокая распространенность ССГ, достигающая 30–50% в популяции, определяет его как значимую медико-социальную проблему [2, 3]. Современная диагностика основывается на оценке симптомов по опросникам (Ocular Surface Disease Index, OSDI) и клинических тестов, таких как время разрыва слезной пленки (ВРСП) и тесты Ширмера [4]. Однако слабая корреляция между субъективными жалобами и объективными данными (включая функциональные показатели), а также гендерные различия в клинических проявлениях ССГ подчеркивают необходимость поиска более точных патогенетических биомаркеров [5].

Ключевым звеном патогенеза ССГ является порочный круг, инициируемый гиперосмолярностью СП, что приводит к повреждению и воспалению эпителия глазной поверхности, а также апоптозу его клеток [6]. Осмотическое давление напрямую зависит от концентрации электролитов, прежде всего натрия и хлоридов [7, 8]. Современные данные крупных исследований, однако, указывают на умеренную силу корреляции осмолярности с клиническими симптомами, что актуализирует поиск дополнительных биомаркеров ССГ [9]. Помимо этого, все большее внимание уделяется роли микроэлементов (цинк, медь, селен) в контексте окислительного стресса, поскольку они являются кофакторами ключевых антиоксидантных ферментов [10]. При этом современные концепции делают акцент на системном дисбалансе про- и антиоксидантных систем глазной поверхности как центральном звене патогенеза ССГ [11].

Исследования подтверждают дисбаланс микроэлементов в СЖ при ССГ. Изменения уровня свинца статистически значимо связаны с выраженностью симптомов ССГ и дисфункцией мейбомиевых желез [12], также при ССГ выявлены изменения содержания меди в СЖ [13]. На сегодняшний день цинк рассматривается как перспективный биомаркер заболевания [14], что находит подтверждение в фундаментальных работах, подчеркивающих его ключевую роль в поддержании гомеостаза и физиологических функций глазной поверхности и сетчатки, а также противовос-

палительные свойства [15]. Существующие данные часто противоречивы, что может быть обусловлено различиями в методах забора и анализа слезы [16]. Таким образом, комплексный анализ микроэлементного состава СЖ является актуальным для понимания патогенеза и развития персонализированной терапии [17], включая стратегии нутритивной поддержки [18].

Цель исследования: оценить взаимосвязь между электролитным и микроэлементным профилем СЖ и тяжестью ССГ у молодых пациентов и на основе выявленных закономерностей разработать прогностическую модель для ранней диагностики и стратификации ССГ.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проведено одномоментное (кросс-секционное) сравнительное исследование. В исследование была включена однородная по полу и возрасту выборка из 150 человек обоих полов в возрасте от 18 до 25 лет с медианным возрастом 19 [18; 19] лет. Участниками исследования стали студенты высших учебных заведений, проходившие плановый профилактический медицинский осмотр в условиях поликлиники. **Критерии включения:** лица обоих полов в возрасте 18–25 лет, добровольно подписавшие информированное согласие. **Критерии исключения:** тяжелая степень ССГ (OSDI >32 баллов); острые или хронические воспалительные и инфекционные заболевания глаз; ношение контактных линз; системные соматические, аутоиммунные, онкологические заболевания; острые инфекционные заболевания; беременность и период лактации. Исключение тяжелой степени ССГ обусловлено необходимостью изучения ранних стадий заболевания без влияния длительного анамнеза и предшествующей терапии на элементный профиль СЖ.

Всем участникам было выполнено стандартное офтальмологическое обследование, включающее авторефрактометрию, визометрию и биомикроскопию. Для оценки выраженности симптомов ССГ использовали валидизированный опросник Ocular Surface Disease Index (OSDI), включающий 12 вопросов по DEWS-II, оценку ВРСП, тест Ширмера 1 (без анестезии, отражает суммарную слезопродукцию, включающую как базальный, так и рефлекторный компонент) и тест Ширмера 2 (после инстилляций анестетика, оценивает преимущественно базальную секрецию).

Забор СЖ у всех участников проводили по авторской методике Е.С. Таскиной с целью стандартизации преаналити-

ческого этапа [19]: процедуру выполняли в утренние часы (с 07.00 до 09.00) натошак, до проведения каких-либо офтальмологических тестов или инстилляций, для минимизации влияния циркадных ритмов, приема пищи и лекарственных средств на состав слезы. Полученный образец СЖ переносили в стерильную пробирку типа Eppendorf и замораживали при температуре -80°C [20]. Определение концентрации 34 элементов (макро- и микроэлементов) в СЖ проводили методом рентгенофлуоресцентного анализа. Результаты выражали в мг/л, в качестве окончательного значения для каждого элемента принимали медиану (Me) из трех повторных измерений.

Протокол исследования был одобрен локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО ЧГМА Минздрава России (протокол № 130 от 25 ноября 2024 г.). Исследование проведено в соответствии с этическими принципами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (2013). Все участники были включены в исследование после подписания информированного добровольного согласия.

При проведении статистического анализа руководствовались принципами Международного комитета редакторов медицинских журналов (ICMJE) и рекомендациями «Статистический анализ и методы в публикуемой литературе» (SAMPL) [21]. Статистическую обработку данных проводили с использованием программных пакетов IBM SPSS Statistics Version 25.0 (International Business Machines Corporation, США) и Microsoft Excel. Характер распределения количественных переменных проверяли с помощью критерия Шапиро — Уилка. Ввиду отклонения распределения большинства показателей от нормального данные представлены в виде Me и 1-го и 3-го квартилей [Q1; Q3]. Для сравнения независимых групп по количественным признакам использовали непараметрический Н-критерий Краскела — Уоллиса. При выявлении статистически значимых различий ($p < 0,05$) выполняли попарное сравнение групп с применением U-критерия Манна — Уитни с поправкой Бонферрони, при этом скорректированный уровень значимости для попарных сравнений был установлен на уровне $p < 0,0125$. Для оценки величины эффекта при попарном сравнении использовали оценку Ходжеса — Лемана с построением 95% доверительного интервала (ДИ), что позволило количественно оценить разницу между Me групп. Сравнение качественных признаков проводили с помощью критерия χ^2 . Для изучения взаимосвязей между количественными показателями (баллы OSDI, клинические параметры, уровни элементов) использовали r-коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Силу связи между исследуемыми параметрами определяли по шкале Чеддока.

Для создания модели с целью ранней диагностики ССГ использовали процедуру многослойного перцептрона (модуль Neural Networks программы IBM SPSS Statistics V. 25.0; IBM Corporation, США). Статистически значимые параметры были включены в выборки, использованные для машинного обучения ($n = 150$) и тестирования ($n = 43$). Тестовая выборка была сформирована методом Random Split. Ценность прогностической модели, основанной на нейросетевом анализе, оценивали путем ROC-анализа и определения точки cut-off по максимальному значению индекса Юдена. В ходе ROC-анализа определяли чувствительность, специфичность и точность, а также площадь под ROC-кривой (AUC). Учитывая необходимость исключения мультиколлинеарности между коррелиру-

ющими параметрами, для выбора оптимальной модели использовали информационные критерии Акаике (AIC) и Байеса (BIC), что позволило определить комбинацию параметров исследования, обеспечивающую наилучшее качество модели.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Клинические данные

На основании общего балла по OSDI все участники были распределены в 3 группы наблюдения: контрольную группу (КГ) ($n = 50$) — 0–13 баллов (отсутствие или минимальные симптомы ССГ); клиническую группу 1 ($n = 50$) — 14–21 балл (легкая степень ССГ); клиническую группу 2 ($n = 50$) — 22–32 балла (средняя степень ССГ). Все пациенты были сопоставимы по полу и возрасту ($p > 0,05$). С увеличением тяжести ССГ отмечали закономерный рост баллов OSDI и снижение ВРСП ($p < 0,001$). При этом результат теста Ширмера 1 возрастал в группе 2 со средней степенью ССГ, что может отражать компенсаторную рефлекторную гиперсекрецию, тогда как результат теста Ширмера 2 значимо снижался ($p < 0,001$). Сравнительный анализ основных клинических показателей в группах исследования представлен в таблице 1.

В ходе исследования выявлена обратная заметная связь между значением теста Ширмера 1 и Ширмера 2 ($r = -0,528$; $p < 0,001$). При этом ВРСП имеет обратную заметную связь со значением теста Ширмера 1 ($r = -0,647$; $p < 0,001$) и прямую заметную связь со значением теста Ширмера 2 ($r = 0,628$; $p < 0,001$).

Таблица 1. Основные клинические характеристики обследованных групп, Me [Q1; Q3]

Table 1. Main clinical characteristics of the study groups, Me [Q1; Q3]

Параметр Parameter	КГ Control group (n=50)	Группа 1 Group 1 (n=50)	Группа 2 Group 2 (n=50)	Тестовая статистика / Test statistics
Мужской пол, % (n/N) Male, % (n/N)	64,0 (32/50)	58,0 (29/50)	58,0 (29/50)	$\chi^2 = 3,477$ df=2 $p = 0,176$
Возраст, годы Age, years	19,00 [18,00; 20,0]	19,00 [18,00; 19,00]	18,00 [18,00; 19,00]	H=6,788 df=2 $p = 0,054$
OSDI, баллы OSDI, points	6,00 [4,75; 7,00]	17,00 [15,75; 18,00]	28,00 [25,00; 30,00]	H=133,045 df=2 $p < 0,001$
ВРСП, с TBUT, sec.	11,00 [10,75; 12,00]	9,00 [7,00; 9,00]	5,00 [5,00; 7,00]	H=112,925 df=2 $p < 0,001$
Тест Ширмера 1, мм Schirmer test 1, mm	16,00 [15,00; 17,25]	16,00 [15,00; 19,00]	25,00 [24,00; 28,00]	H=79,874 df=2 $p < 0,001$
Тест Ширмера 2, мм Schirmer test 2, mm	11,00 [10,00; 12,50]	10,50 [9,00; 11,00]	7,50 [7,00; 10,00]	H=47,593 df=2 $p < 0,001$

ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ СЛЕЗЫ

В таблице 2 представлен анализ значимости различий элементного состава СЖ между исследуемыми группами.

По сравнению с КГ у пациентов группы 1 (с легкой степенью ССГ) было выявлено статистически значимое повышение концентраций следующих макроэлементов: натрия, калия, хлора, фосфора, серы, кальция, магния, меди, цинка и йода; сниженное содержание хрома, железа, брома. В группе 2 (со средней степенью ССГ) была отмечена более низкая концентрация натрия, хлора, кальция, магния, хрома, железа, брома, меди, цинка и йода по сравнению с КГ. При сравнении групп 1 и 2 между собой было обнаружено, что у пациентов со средней степенью ССГ концентрации следующих элементов были статистически значимо ниже, чем при легкой степени: натрия, калия, хлора, фосфора, серы, кальция и магния, железа, меди, цинка и йода. Уровни хрома и брома между клиническими группами значимо не различались.

Концентрации других микроэлементов (скандий, титан, ванадий, марганец, кобальт, никель, галлий, мышьяк, селен, рубидий, стронций, сурьма, цезий, барий, лантан, церий, вольфрам, свинец, торий, уран) в СЖ статистически значимо не различались ($p > 0,05$).

В таблице 3 представлены результаты корреляционного анализа между ключевыми клинико-функциональными параметрами ССГ и концентрацией тех макро- и микроэлементов в СЖ, которые продемонстрировали статистически значимые корреляционные связи ($p < 0,05$).

Установлено, что снижение общей слезопродукции (тест Ширмера 1) статистически значимо ассоциировано с повышением концентраций ряда элементов в слезе. Наиболее выраженные умеренные обратные корреляции обнаружены для натрия, хлора и цинка. Эта совокупность данных подтверждает, что дисбаланс электролитного и микроэlementного профиля является характерным признаком нарушения общей слезопродукции. Уровни калия и железа с этим параметром значимо не коррелировали ($p > 0,05$).

В контексте изолированной базальной секреции (тест Ширмера 2) картина корреляций оказалась иной. Наиболее заметные связи зафиксированы для меди и цинка. Особого внимания заслуживает цинк, демонстрирующий противоположные ассоциации с разными типами секреции: обратную — с общей и прямую — с базальной. Это может указывать на его дифференцированную роль в патогенезе ССГ. Статистически значимые, но слабые положительные корреляции с базальной секрецией также отмечены для натрия, хлора и калия. Уровни кальция, магния и йода с этим параметром значимо не коррелировали ($p > 0,05$).

При оценке стабильности СП (ВРСП) выявлены как ожидаемые, так и неоднозначные взаимосвязи. Умеренная обратная корреляция зарегистрирована с концентрацией натрия, а слабая прямая — с концентрацией хлора. Этот результат требует осторожной интерпретации, поскольку традиционная патофизиологическая модель связывает гиперосмолярность (повышение Na^+ и Cl^-) с дестабилизацией СП. Обнаруженная прямая связь может отражать особенности исследуемой когорты или сложные компенсаторные механизмы. Слабые прямые корреляции с ВРСП также наблюдались для магния, железа, меди, цинка и йода, что позволяет предположить их возможную вовлеченность в поддержание структурной целостности прекарнеальной СП. Значимой связи ВРСП с концентрацией в слезе калия и кальция установлено не было ($p > 0,05$).

Таблица 2. Элементный состав СЖ в исследуемых группах, Ме [Q1; Q3]

Table 2. Elemental composition of the TF in the study groups, Me [Q1; Q3]

Параметр, мг/л Parameter, mg/l	КГ / Control group (n=50)	Группа 1 Group 1 (n=50)	Группа 2 Group 2 (n=50)	p
Натрий (Na) Sodium (Na)	2607,212 [2226,240; 2770,161]	2993,185 [2490,743; 3091,142]	1820,652 [1645,415; 2384,517]	$p < 0,001$ $p_1 < 0,001$ $p_2 < 0,001$ $p_3 < 0,001$
Калий (K) Potassium (K)	535,012 [412,695; 701,850]	714,810 [566,281; 850,826]	538,172 [520,223; 550,789]	$p < 0,001$ $p_1 < 0,001$ $p_2 = 0,751$ $p_3 < 0,001$
Хлор (Cl) Chlorine (Cl)	3427,312 [2857,211; 3739,475]	3882,495 [3582,035; 4080,960]	2829,889 [2338,468; 3009,018]	$p < 0,001$ $p_1 < 0,001$ $p_2 < 0,001$ $p_3 < 0,001$
Фосфор (P) Phosphorus (P)	8,327 [6,830; 10,006]	10,105 [7,500; 12,568]	8,290 [5,969; 8,925]	$p < 0,001$ $p_1 < 0,001$ $p_2 = 0,788$ $p_3 < 0,001$
Сера (S) Sulfur (S)	84,944 [70,794; 107,002]	107,959 [90,264; 133,611]	78,072 [70,021; 94,677]	$p < 0,001$ $p_1 < 0,001$ $p_2 = 0,624$ $p_3 < 0,001$
Кальций (Ca) Calcium (Ca)	12,139 [8,839; 13,395]	17,244 [14,788; 18,539]	8,759 [8,301; 13,046]	$p < 0,001$ $p_1 < 0,001$ $p_2 < 0,001$ $p_3 < 0,001$
Магний (Mg) Magnesium (Mg)	27,844 [23,970; 23,229]	30,133 [27,752; 32,892]	21,027 [17,838; 23,068]	$p < 0,001$ $p_1 < 0,001$ $p_2 < 0,001$ $p_3 < 0,001$
Хром (Cr) Chromium (Cr)	0,043 [0,037; 0,062]	0,037 [0,033; 0,049]	0,037 [0,033; 0,049]	$p = 0,032$ $p_1 = 0,010$ $p_2 = 0,041$ $p_3 = 0,071$
Железо (Fe) Iron (Fe)	0,166 [0,128; 0,184]	0,123 [0,113; 0,169]	0,093 [0,068; 0,147]	$p = 0,000$ $p_1 = 0,002$ $p_2 < 0,001$ $p_3 = 0,004$
Медь (Cu) Copper (Cu)	0,088 [0,072; 0,139]	0,107 [0,100; 0,148]	0,080 [0,068; 0,091]	$p < 0,001$ $p_1 = 0,008$ $p_2 = 0,007$ $p_3 < 0,001$
Цинк (Zn) Zinc (Zn)	0,102 [0,077; 0,129]	0,349 [0,244; 0,415]	0,047 [0,040; 0,089]	$p < 0,001$ $p_1 < 0,001$ $p_2 < 0,001$ $p_3 < 0,001$
Бром (Br) Bromine (Br)	4,570 [3,368; 6,383]	3,721 [2,960; 4,181]	3,251 [3,180; 4,351]	$p = 0,009$ $p_1 = 0,003$ $p_2 = 0,028$ $p_3 = 0,548$
Йод (I) Iodine (I)	0,286 [0,251; 0,310]	0,321 [0,289; 0,377]	0,231 [0,183; 0,256]	$p < 0,001$ $p_1 < 0,001$ $p_2 < 0,001$ $p_3 = 0,014$

Примечание. Статистическая значимость различий между группами:

p_1 — между группой 1 и КГ; p_2 — между группой 2 и КГ; p_3 — между группами 1 и 2.

Note. Statistical significance of the differences between the groups: p_1 — between group 1 and the control group; p_2 — between group 2 and the control group; p_3 — between groups 1 and 2.

Таблица 3. Результаты корреляционного анализа между некоторыми функциональными показателями и уровнями элементов в СЖ

Table 3. The results of the correlation analysis between selected functional parameters and element concentrations in tear fluid

Элемент Element	Тест Ширмера 1 Schirmer test 1	Тест Ширмера 2 Schirmer test 2	ВРСР TBUT
Натрий / Sodium	-0,411	0,231	-0,338
Калий / Potassium	-	0,183	-
Хлор / Chlorine	-0,426	0,241	-0,238
Кальций / Calcium	-0,262	-	-
Магний / Magnesium	-0,320	-	0,168
Железо / Iron	-	0,170	0,331
Медь / Copper	-0,264	0,288	0,180
Цинк / Zinc	-0,462	0,287	0,201
Йод / Iodine	-0,374	-	0,172

ПРОГРАММА ДЛЯ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ ССГ

В качестве диагностической модели использован многослойный перцептрон — алгоритм искусственного интеллекта, который оценивает не отдельные показатели, а их совокупность. Он математически анализирует профиль из 7 элементов слезной жидкости (Na, Mg, Cl, Cu, Zn, I, K) и находит неочевидные взаимосвязи между ними, позволяя выявлять ССГ на ранних стадиях (рис. 1).

С учетом числа входных нейронов в архитектуру многослойного перцептрона включено 2 скрытых слоя. Автоматический выбор архитектуры позволил вычислить оптимальное количество нейронов в указанных скрытых слоях, равное 5 и 4 соответственно и позволяющее при этом максимально эффективно диагностировать ССГ. Для создания взаимосвязи взвешенных сумм объектов с последующим слоем значений данных объектов в обоих скрытых слоях в качестве функции активации использовался гиперболический тангенс. В качестве функции ошибки выступала сумма квадратов. Выходной слой содержал 3 целевые (зависимые) переменные (степень ССГ по опроснику OSDI).

У 50 пациентов, относящихся к OSDI = 1 (отсутствие или минимальные симптомы ССГ), прогноз оказался положительным, что составило 100% (50/50), у пациентов, относящихся к OSDI = 2 (легкая степень ССГ), — положительным также у 100% (50/50). Нейронная сеть правильно отнесла 96% (48/50) пациентов к OSDI = 3 (средняя степень ССГ), 4% (2/50) отнесла ошибочно к OSDI = 2. Точность прогноза составила 98,7%, что, наряду с оценкой площади под ROC-кривой ($AUC = 0,985 \pm 0,048$, 95% ДИ 0,981–1,0, $p < 0,001$), позволяет считать разработанную модель достаточно информативной для прогнозирования степени ССГ (рис. 2).

Для подтверждения оптимальности выбора исходной архитектуры многослойного перцептрона использовали кросс-валидацию, которая оценивает производительность модели с различными параметрами архитектуры. В ходе сравнения моделей было определено, что исход-

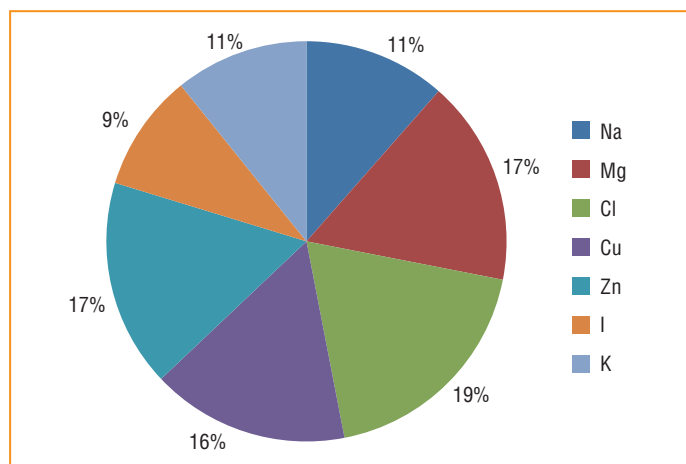


Рис. 1. Важность параметров исследования в структуре многослойного перцептрона, позволяющего осуществлять раннюю диагностику ССГ

Fig. 1. The importance of the study parameters within the structure of the multilayer perceptron enabling the early diagnosis of dry eye disease

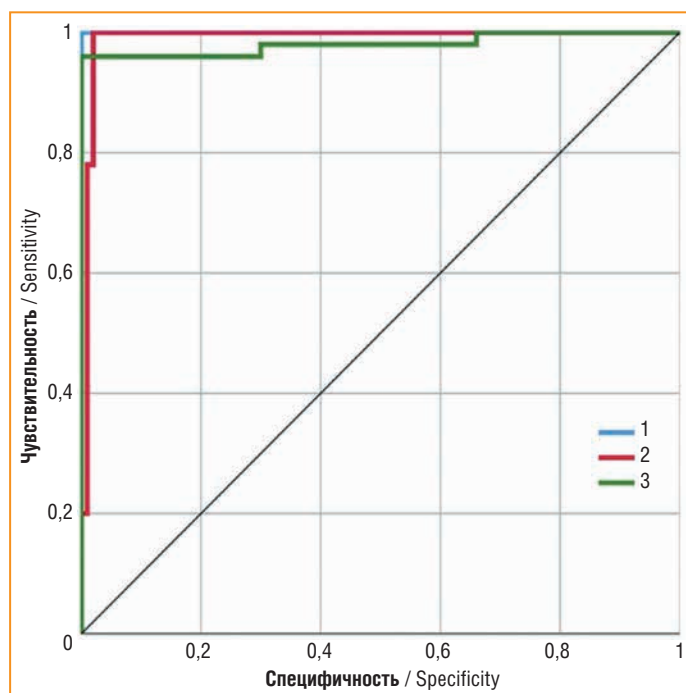


Рис. 2. ROC-анализ информативности многослойного перцептрона в ранней диагностике ССГ. Степень ССГ по опроснику OSDI: 1 — отсутствие или минимальные симптомы ССГ; 2 — легкая степень ССГ; 3 — средняя степень ССГ

Fig. 2. ROC analysis of the informativeness of the multilayer perceptron in the early diagnosis of dry eye disease (DED). DED severity based on the Ocular Surface Disease Index (OSDI): 1 — no or minimal symptoms; 2 — mild DED; 3 — moderate DED

ный вариант имеет наиболее высокую точность на всех фолдах. В процессе тестирования нейронной сети на выборке из 43 пациентов доля неверных предсказаний составила 9,3% (4/43), что объясняется более низкой численностью тестовой выборки. Для практических целей в Python 3.13 была разработана «Программа для ранней диагностики и стратификации ССГ на основе элементного состава слезной жидкости», которая представляет собой

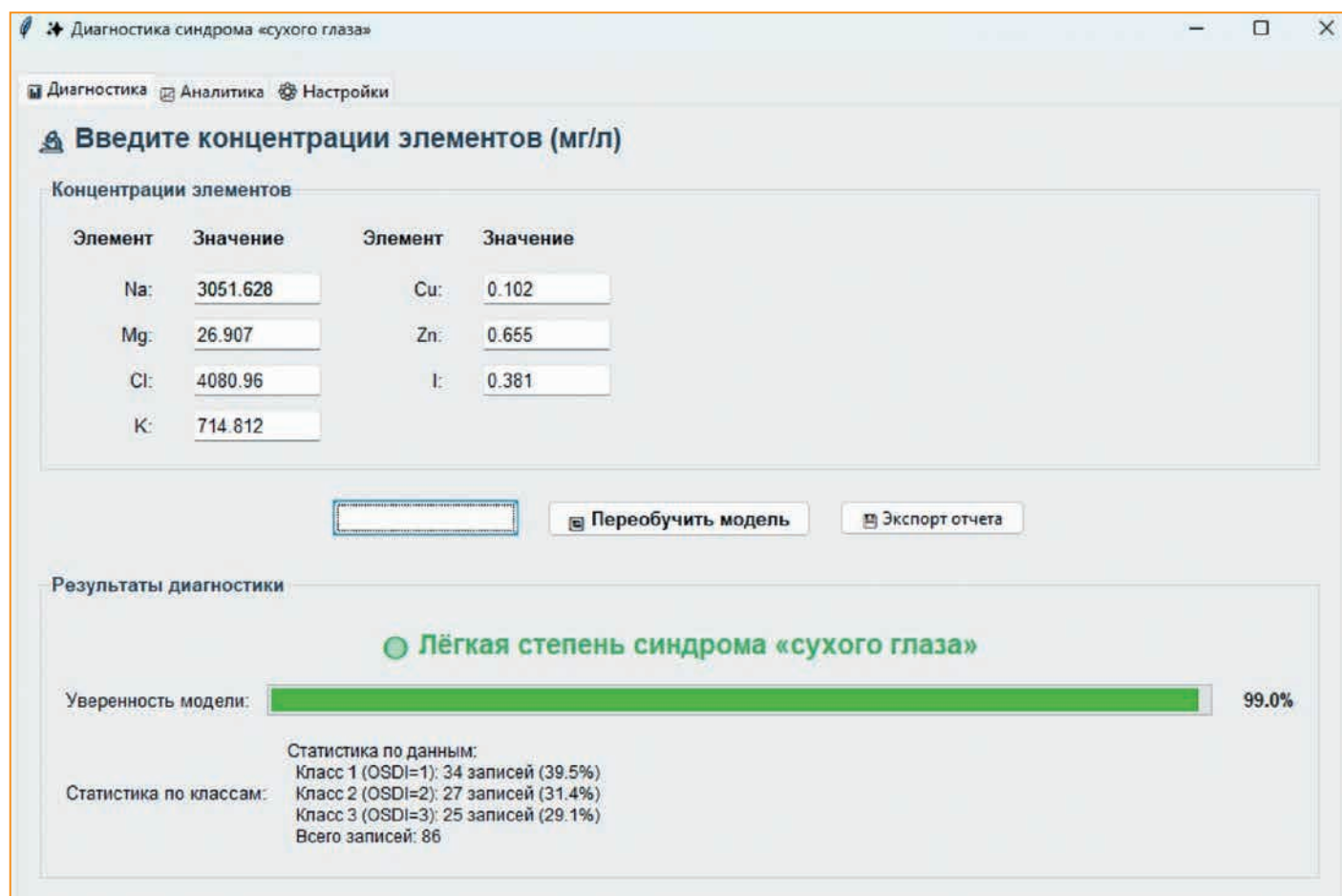


Рис. 3. Интерфейс программы для ранней диагностики и стратификации ССГ на основе элементного состава СЖ

Fig. 3. Interface of the software for the early diagnosis and stratification of DED based on the elemental composition of the tear fluid

кросс-платформенное решение, совместимое с Windows 7 и выше. В данную программу вошли параметры, важность которых подтверждена с помощью нейросетевого анализа данных [22]. Интерфейс программы представлен на рисунке 3.

Обсуждение

Проведенное исследование выявило статистически значимые и стадийно-зависимые изменения электролитного и микроэлементного профиля СЖ у молодых пациентов с ССГ, что подтверждает ключевую роль дисбаланса элементного гомеостаза в патогенезе данного заболевания [6]. Полученные данные демонстрируют сложную нелинейную динамику изменений.

Повышение концентраций основных электролитов (Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+}) при легкой степени ССГ может отражать начальное концентрирование СЖ на фоне уменьшения ее объема, что согласуется с концепцией гиперосмолярности [8, 23]. При этом рост уровня калия (K^+) как преимущественно внутриклеточного иона, вероятно, служит более прямым маркером повреждения клеток эпителия и нарушения работы Na^+/K^+ -АТФазы на ранних стадиях оксидативного стресса [6]. Важно отметить, что динамика осмолярности и ее корреляция с симптомами ССГ могут быть нелинейными, что показано в крупных клинических исследованиях [9]. Последующее снижение уровней натрия, хлора, кальция и магния при средней степени тяжести ССГ у молодых пациентов без системной патологии, вероятно,

указывает на глубокое нарушение функции секреторного эпителия слезных желез и/или эффект разведения вследствие компенсаторной рефлекторной гиперсекреции.

Наиболее значимым результатом является фазовое изменение концентрации цинка — резкое повышение при легкой степени ССГ с последующим выраженным снижением ниже контрольных значений при средней степени. Первоначальный рост может расцениваться как защитная антиоксидантная реакция на оксидативный стресс [10], обусловленная возможной активацией мембранного переноса (транспорта) цинка через белки-переносчики. Это согласуется с фундаментальной ролью цинка как кофактора супероксиддисмутазы [11, 15]. Последующее истощение запасов цинка может усугублять повреждение глазной поверхности, создавая порочный круг, что обосновывает целесообразность изучения нутритивных интервенций для его коррекции [18].

Сходная, но менее выраженная динамика концентрации меди в СЖ также соответствует роли данного микроэлемента как кофактора антиоксидантных ферментов, а гомеостаз меди, как и гомеостаз цинка, зависит от сложной регуляции специализированных систем активного транспорта в условиях воспаления.

Снижение уровней железа, хрома и брома уже на ранней стадии, вероятно, отражает общие нарушения метаболизма микроэлементов.

Важным аспектом выполненной работы является стандартизация преаналитического этапа забора слезы, что критично для воспроизводимости подобных исследо-

ваний [16, 20]. Проблема методологической вариабельности, затрудняющей сравнение результатов, является общей для исследований биомаркеров слезы [24].

Разработанная программа создана для ранней скрининговой диагностики и объективной стратификации ССГ, особенно на начальных стадиях, когда стандартные клинические тесты (опросники, ВРСР, тесты Ширмера) могут давать противоречивые результаты и слабо коррелировать с субъективными жалобами. Программа дополняет традиционное офтальмологическое обследование, предоставляя врачу объективный количественный биомаркер дисбаланса элементного гомеостаза, что позволяет выявлять субклинические нарушения и принимать решение о необходимости терапии на более ранних этапах, до развития выраженных структурных изменений глазной поверхности.

Вместе с тем, учитывая, что метод рентгенофлуоресцентного анализа является высокотехнологичным и на текущем этапе экономически затратным, его рутинное применение в широкой клинической практике ограничено. Однако полученные результаты создают научную основу для дальнейшего совершенствования и удешевления технологии, а также для проведения фармакоэкономических исследований, обосновывающих целесообразность использования данного подхода в специализированных центрах и при углубленном обследовании пациентов с факторами риска развития ССГ.

Ограничениями настоящего исследования являются его кросс-секционный дизайн и однородная возрастная когорта (молодые пациенты без сопутствующей соматической патологии). Кроме того, использованный метод определяет общее содержание элементов, не разделяя их на биохимически активные формы. Перспективным направлением видится изучение влияния на элементный профиль слезы различных терапевтических вмешательств [25, 26], что может открыть пути для таргетной коррекции выявленных дисбалансов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящее исследование на однородной когорте молодых пациентов без системной патологии установило, что ССГ ассоциирован со стадийно-зависимым нарушением элементного гомеостаза СЖ, отражающим первичные механизмы заболевания. Выявлена нелинейная динамика изменения концентрации в СЖ электролитов и микроэлементов: начальное повышение их концентраций сменяется выраженным снижением при прогрессировании ССГ. Особое значение имеет фазовое изменение уровня цинка — его резкий рост на ранней стадии ССГ с последующим дефицитом, что подчеркивает его ключевую роль в антиоксидантной защите и воспалительном ответе организма. Концентрация калия в СЖ служит маркером раннего клеточного повреждения. Корреляционный анализ подтвердил тесную связь дисбаланса микроэлементов, в частности цинка, с нарушениями слезопродукции.

Полученные данные интегрируют концепцию гиперосмолярности с ролью оксидативного стресса и дисбаланса микроэлементов в патогенезе ССГ. Результаты обосновывают рассмотрение элементного профиля слезы, особенно динамики содержания цинка, в качестве перспективного биомаркера, а также подчеркивают необходимость стандартизации преаналитического этапа.

Практическая значимость работы подтверждена созданием прогностической модели на основе многослойного

перцептрона, использующей профиль из 7 элементов СЖ (Na, Mg, Cl, Cu, Zn, I, K). Разработанное программное обеспечение может быть использовано в клинической практике для ранней диагностики и объективной стратификации ССГ, дополняя стандартные офтальмологические тесты и позволяя выявлять субклинические нарушения элементного гомеостаза на начальных стадиях заболевания.

Перспективными направлениями являются лонгитюдные исследования с оценкой влияния терапии на микроэлементный профиль СЖ. Таким образом, комплексный анализ элементного состава СЖ открывает возможности для разработки персонализированных стратегий диагностики и лечения ССГ.

Литература / References

1. Wolffsohn J.S., Benitez-Del-Castillo J.M., Loya-Garcia D. et al.; + TFOS collaborator group. TFOS DEWS III: Diagnostic Methodology. *Am J Ophthalmol.* 2025;279:387–450. DOI: 10.1016/j.ajo.2025.05.033
2. Stapleton F., Alves M., Bunya V.Y. et al. TFOS DEWS II Epidemiology Report. *Ocul Surf.* 2017;15(3):334–365. DOI: 10.1016/j.jtos.2017.05.003
3. Dana R., Bradley J.L., Guerin A. et al. Estimated Prevalence and Incidence of Dry Eye Disease Based on Coding Analysis of a Large, All-age United States Health Care System. *Am J Ophthalmol.* 2019;202:47–54. DOI: 10.1016/j.ajo.2019.01.026
4. Wolffsohn J.S., Arita R., Chalmers R. et al. TFOS DEWS II Diagnostic Methodology report. *Ocul Surf.* 2017;15(3):539–574. DOI: 10.1016/j.jtos.2017.05.001
5. Vehof J., Sillevius Smitt-Kamminga N., Nibourg S.A. et al. Sex differences in clinical characteristics of dry eye disease. *Ocul Surf.* 2018;16(2):242–248. DOI: 10.1016/j.jtos.2018.01.001
6. Bron A.J., De Paiva C.S., Chauhan S.K. et al. TFOS DEWS II pathophysiology report. *Ocul Surf.* 2019;17(4):842. DOI: 10.1016/j.jtos.2019.08.007
7. Tomlinson A., Khanal S., Ramaesh K. et al. Tear film osmolarity: determination of a referent for dry eye diagnosis. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2006;47(10):4309–4315. DOI: 10.1167/iiovs.05-1504
8. Tashbayev B., Utheim T.P., Utheim O.A. et al. Utility of Tear Osmolarity Measurement in Diagnosis of Dry Eye Disease. *Sci Rep.* 2020;10(1):5542. DOI: 10.1038/s41598-020-62583-x
9. Greiner J.V., Ying G.S., Pistilli M. et al.; Dry Eye Assessment and Management (DREAM) Study Research Group. Association of Tear Osmolarity With Signs and Symptoms of Dry Eye Disease in the Dry Eye Assessment and Management (DREAM) Study. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2023;64(1):5. DOI: 10.1167/iiovs.64.1.5
10. Seen S., Tong L. Dry eye disease and oxidative stress. *Acta Ophthalmol.* 2018;96(4):e412–e420. DOI: 10.1111/aos.13526
11. Hu R., Shi J., Xie C.M. et al. Dry Eye Disease: Oxidative Stress on Ocular Surface and Cutting-Edge Antioxidants. *Glob Chall.* 2025;9(7):e00068. DOI: 10.1002/gch2.202500068
12. Chen Y.J., Chen Y.Y., Lai C.H. Clinical association between trace elements of tear and dry eye metrics. *Sci Rep.* 2022;12(1):18052. DOI: 10.1038/s41598-022-22550-0
13. Kondrakhova D., Tomeckova V., Dobrozhan O. et al. Comprehensive Experimental Analysis of Tear Fluid Composition and Structure by Using Novel Physical Methods with Diagnostic Potential for Inflammatory Diseases. *Biophysica.* 2025;5(4):48. DOI: 10.3390/biophysica5040048
14. Choi W., Lian C., Ying L. et al. Expression of Lipid Peroxidation Markers in the Tear Film and Ocular Surface of Patients with Non-Sjogren Syndrome: Potential Biomarkers for Dry Eye Disease. *Curr Eye Res.* 2016;41(9):1143–1149. DOI: 10.3109/02713683.2015.1098707
15. McKay B.S., Grabrucker A.M., Thompson R.B. et al. Zinc in eye health, retinal biology and disease. *Prog Retin Eye Res.* 2025;109:101404. DOI: 10.1016/j.preteyeres.2025.101404
16. Hagan S., Martin E., Enriquez-de-Salamanca A. Tear fluid biomarkers in ocular and systemic disease: potential use for predictive, preventive and personalised medicine. *EPMA J.* 2016;7(1):15. DOI: 10.1186/s13167-016-0065-3
17. Messmer E.M. The pathophysiology, diagnosis, and treatment of dry eye disease. *Dtsch Arztebl Int.* 2015;112(5):71–81; quiz 82. DOI: 10.3238/arztebl.2015.0071
18. Brunner B.S., Kassumeh S., Priglinger S.G. et al. Dietary supplements for dry eye disease. *Ophthalmologie.* 2025;122(12):959968. DOI: 10.1007/s00347-025-02336-1
19. Таскина Е.С., Белокриницкая Т.Е., Кибалина И.В., Мудров В.А. Способ забора слезной жидкости. Патент RU 2836932 C1. Опубликовано 24.03.2025.
20. Таскина Е.С., Бондаревич Е.А., Мудров В.А. и др. Подходы к стандартизации иммуноферментного анализа слезной жидкости. Обзор литературы. *Сибирский медицинский вестник.* 2025;9(3):4–14. DOI: 10.31549/2541-8289-2025-9-3-4-14
21. Таскина Е.С., Бондаревич Е.А., Мудров В.А. et al. Approaches to standardization of enzyme immunoassay of lacrimal fluid. Literature review. *Sibirskij medicinskij vestnik.* 2025;9(3):4–14 (in Russ.). DOI: 10.31549/2541-8289-2025-9-3-4-14
22. Lang T.A., Altman D.G. Basic statistical reporting for articles published in biomedical journals: the "Statistical Analyses and Methods in the Published Literature" or the SAMPL Guidelines. *Int J Nurs Stud.* 2015;52(15)–9. DOI: 10.1016/j.ijnurstu.2014.09.006

22. Таскина Е.С., Бондаревич Е.А., Мудров В.А. и др. Программа для ранней диагностики и стратификации синдрома «сухого глаза» на основе элементного состава слезной жидкости. Номер регистрации программы для ЭВМ RU 2026613696, 09.02.2026.

Taskina E.S., Bondarevich E.A., Mudrov V.A. et al. A program for early diagnosis and stratification of dry eye syndrome based on the elemental composition of tear fluid. The registration number of the computer program RU 2026613696, 02.09.2026 (in Russ.).

23. Park J., Choi Y., Han G. et al. Evaluation of tear osmolarity measured by I-Pen osmolarity system in patients with dry eye. *Sci Rep.* 2021;11(1):7726. DOI: 10.1038/s41598-021-87336-2

24. Benitez-Del-Castillo J.M., Soria J., Acera A. et al. Quantification of a panel for dry-eye protein biomarkers in tears: A comparative pilot study using standard ELISA and customized microarrays. *Mol Vis.* 2021;27:243–261.

25. Perenyi K., Dienes L., Kornafeld A. et al. The Effect of Tear Supplementation with 0.15% Preservative-Free Zinc-Hyaluronate on Ocular Surface Sensations in Patients with Dry Eye. *J Ocul Pharmacol Ther.* 2017;33(6):487–492. DOI: 10.1089/jop.2016.0194

26. Kim W., Woo I.H., Eom Y. et al. Short-term changes in tear osmolarity after instillation of different osmolarity eye drops in patients with dry eye. *Sci Rep.* 2023;13(1):11012. DOI: 10.1038/s41598-023-35965-0

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Таскина Елизавета Сергеевна — к.м.н., доцент, доцент кафедры офтальмологии ФГБОУ ВО ЧГМА Минздрава России; 672000, Россия, г. Чита, ул. Горького, д. 39а; ORCID iD 0000-0002-6223-8888

Мудров Виктор Андреевич — д.м.н., доцент, профессор кафедры акушерства и гинекологии педиатрического факультета и факультета дополнительного профессионального образования ФГБОУ ВО ЧГМА Минздрава России; 672000, Россия, г. Чита, ул. Горького, д. 39а; ORCID iD 0000-0002-5961-5400

Бондаревич Евгений Александрович — к.б.н., доцент, доцент кафедры химии и биохимии ФГБОУ ВО ЧГМА Минздрава России; 672000, Россия, г. Чита, ул. Горького, д. 39а; ORCID iD 0000-0002-0032-3155

Бржеский Владимир Всеволодович — д.м.н., профессор, заведующий кафедрой офтальмологии ФГБОУ ВО СПбГПМУ Минздрава России; 194100, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2; ORCID iD 0000-0001-7361-0270

Оганезова Жанна Григорьевна — к.м.н., доцент, доцент кафедры офтальмологии имени академика А.П. Нестерова Института клинической медицины ФГАУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет); 117513, Россия, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1, стр. 6; ORCID iD 0000-0002-4437-9070

Контактная информация: Таскина Елизавета Сергеевна, e-mail: taskins@yandex.ru

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 22.06.2026.

Поступила после рецензирования 15.07.2026.

Принята в печать 28.07.2026.

ABOUT THE AUTHORS:

Elizaveta S. Taskina — C. Sc. (Med.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Ophthalmology, Chita State Medical Academy; 39a, Gorkogo str., Chita, 672000, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-6223-8888

Viktor A. Mudrov — Dr. Sc. (Med.), Associate Professor, Professor of the Department of Obstetrics and Gynecology of the Faculty of Pediatrics and the Faculty of Continuing Professional Education, Chita State Medical Academy; 39a, Gorkogo str., Chita, 672000, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-5961-5400

Evgeniy A. Bondarevich — C. Sc. (Biol.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Chemistry and Biochemistry, Chita State Medical Academy; 39a, Gorkogo str., Chita, 672000, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-0032-3155

Vladimir V. Brzheshkiy — Dr. Sc. (Med.), Professor, Head of the Department of Ophthalmology, St. Petersburg State Pediatric Medical University, 2, Litovskaya str., St. Petersburg, 194100, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-7361-0270

Janna G. Oganezova — C. Sc. (Med.), Associate Professor, Associate Professor of Acad. A.P. Nesterov Department of Ophthalmology, Institute of Clinical Medicine, Pirogov Russian National Research Medical University; 1, Ostrovityanova str., Moscow, 117513, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-4437-9070

Contact information: Elizaveta S. Taskina, e-mail: taskins@yandex.ru

Financial Disclosure: no authors have a financial or property interest in any material or method mentioned.

There is no conflict of interest.

Received 22.06.2026.

Revised 15.07.2026.

Accepted 28.07.2026.

DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-2

Сравнительный анализ зрительных функций после имплантации интраокулярной линзы TECNIS PureSee у пациентов с катарактой и первичной открытоугольной глаукомой

О.А. Горынина¹, Р.Р. Файзрахманов², О.А. Павловский^{1,2}¹Центр микрохирургии глаза «МедиКом», Дзержинск, Российская Федерация²ФГБУ «НМХЦ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: оценить остроту зрения, контрастную чувствительность и мезопическое зрение после имплантации полностью рефракционной EDOF интраокулярной линзы (ИОЛ) TECNIS PureSee у пациентов с катарактой и первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ) I–II стадии.

Материал и методы: в исследование были включены 24 пациента (44 глаза), которым была выполнена факоэмульсификация катаракты с имплантацией ИОЛ TECNIS PureSee. В основную группу вошли пациенты с ПОУГ I–II стадии (10 пациентов, 17 глаз), контрольную группу составили пациенты без глаукомы (14 пациентов, 27 глаз). Оценивали некорригированную остроту зрения (НКОЗ) и максимально корригированную остроту зрения (МКОЗ) на дальнем, промежуточном и ближнем расстоянии в системах Decimal и logMAR, показатели контрастной чувствительности, а также мезопическое зрение с использованием анализатора зрительных функций. Исследования проводили до операции и через 1 мес. после хирургического вмешательства.

Результаты исследования: через 1 мес. после операции в обеих группах отмечалось статистически значимое улучшение остроты зрения. В основной группе медиана НКОЗ вдаль увеличилась с 0,30 [0,20; 0,50] до 0,80 [0,70; 1,00] ($p < 0,001$), в контрольной группе — с 0,40 [0,20; 0,56] до 1,00 [0,80; 1,00] ($p < 0,001$). Медиана МКОЗ вдаль увеличилась с 0,63 [0,40; 1,00] до 1,00 [0,80; 1,00] в основной группе ($p = 0,006$) и с 0,80 [0,63; 1,00] до 1,00 [0,80; 1,00] в контрольной группе ($p = 0,002$). Межгрупповых различий по величине изменений остроты зрения выявлено не было (все $p > 0,05$). По показателям контрастной чувствительности в шкале Decimal значимые межгрупповые различия по Δ были выявлены при 40% НКОЗ ($p = 0,008$), 40% МКОЗ ($p = 0,005$), 20% МКОЗ ($p = 0,041$), 5% НКОЗ ($p = 0,005$) и 5% МКОЗ ($p = 0,041$). По данным мезопического зрения в обеих группах наблюдалось увеличение числа пациентов с более благоприятными показателями в условиях glare without и glare with, при этом межгрупповых различий по распределению показателей ни до операции, ни через 1 мес. после нее выявлено не было.

Выводы: имплантация полностью рефракционной EDOF ИОЛ TECNIS PureSee сопровождалась улучшением зрительных функций как у пациентов с ПОУГ I–II стадии, так и у пациентов без глаукомы. Полученные результаты позволяют рассматривать TECNIS PureSee как перспективный вариант интраокулярной коррекции у пациентов с компенсированной ПОУГ. Для подтверждения полученных данных необходимы дальнейшие исследования с большим объемом выборки и более длительным периодом наблюдения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: катаракта, EDOF, TECNIS PureSee, глаукома, факоэмульсификация, интраокулярная линза, контрастная чувствительность, мезопическое зрение, logMAR, острота зрения, биоптометрия.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Горынина О.А., Файзрахманов Р.Р., Павловский О.А. Сравнительный анализ зрительных функций после имплантации интраокулярной линзы TECNIS PureSee у пациентов с катарактой и первичной открытоугольной глаукомой. Клиническая офтальмология. 2026;26(3):211–217. DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-2

Comparative analysis of visual functions following TECNIS PureSee intraocular lens implantation in patients with cataract and primary open-angle glaucoma

O.A. Gorynina¹, R.R. Fayzakhmanov², O.A. Pavlovskiy^{1,2}¹Eye Microsurgery Center "MediKom", Dzerzhinsk, Russian Federation²Pirogov National Medical and Surgical Center, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Aim: to evaluate visual acuity, contrast sensitivity, and mesopic vision following implantation of the fully refractive extended depth-of-focus (EDOF) intraocular lens (IOL) TECNIS PureSee in patients with cataract and stage I–II primary open-angle glaucoma (POAG).

Patients and Methods: the study included 24 patients (44 eyes) who underwent phacoemulsification with implantation of the TECNIS PureSee IOL. The study group comprised patients with stage I–II POAG (10 patients, 17 eyes), while the control group consisted of patients without glaucoma (14 patients, 27 eyes). Uncorrected visual acuity (UCVA) and best-corrected visual acuity (BCVA) were assessed for distance, intermediate, and near vision using both the decimal and logMAR scales. Contrast sensitivity and mesopic vision were also evaluated using a visual function analyzer. All examinations were performed preoperatively and 1 month after surgery.

Results: one month after surgery, both groups demonstrated statistically significant improvements in visual acuity. In the study group, the median UCVA increased from 0.30 [0.20; 0.50] to 0.80 [0.70; 1.00] ($p < 0.001$), while in the control group it improved from 0.40 [0.20; 0.56]

to 1.00 [0.80; 1.00] ($p < 0.001$). The median BCVA increased from 0.63 [0.40; 1.00] to 1.00 [0.80; 1.00] in the study group ($p = 0.006$) and from 0.80 [0.63; 1.00] to 1.00 [0.80; 1.00] in the control group ($p = 0.002$). No significant between-group differences were observed in the magnitude of visual acuity improvement (all $p > 0.05$). Analysis of contrast sensitivity on the decimal scale demonstrated significant between-group differences in the change (Δ) at 40% under UCVA ($p = 0.008$), 40% under BCVA ($p = 0.005$), 20% under BCVA ($p = 0.041$), 5% under UCVA ($p = 0.005$), and 5% under BCVA ($p = 0.041$). Mesopic vision testing demonstrated an increased proportion of patients with more favorable performance under mesopic conditions with and without glare in both groups. However, no significant between-group differences in the distribution of mesopic vision outcomes were observed either before surgery or at 1 month postoperatively.

Conclusions: implantation of the fully refractive EDOF IOL TECNIS PureSee was associated with improved visual function in both patients with stage I–II POAG and those without glaucoma. These findings suggest that the TECNIS PureSee IOL may represent a promising option for intraocular lens implantation in patients with compensated POAG. Further studies with larger sample sizes and longer follow-up are needed to confirm these results.

KEYWORDS: cataract, EDOF, TECNIS PureSee, glaucoma, phacoemulsification, intraocular lens, contrast sensitivity, mesopic vision, logMAR, visual acuity, binoptometry.

FOR CITATION: Gorynina O.A., Fayzrakhmanov R.R., Pavlovskiy O.A. Comparative analysis of visual functions following TECNIS PureSee intraocular lens implantation in patients with cataract and primary open-angle glaucoma. *Russian Journal of Clinical Ophthalmology*. 2026;26(3):211–217 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-2

ВВЕДЕНИЕ

Катаракта остается одной из ведущих причин обратимого снижения зрения в мире, а хирургическое удаление помутневшего хрусталика является основным методом ее лечения [1]. В настоящее время достижение прогнозируемых рефракционных результатов после хирургии катаракты рассматривается как один из ключевых факторов, определяющих зрительные функции и удовлетворенность пациентов. Современные интраокулярные линзы (ИОЛ) способны обеспечивать высокие показатели остроты зрения на различных дистанциях и высокую степень независимости от очковой коррекции [2, 3].

Одним из активно развивающихся направлений современной интраокулярной коррекции являются линзы с увеличенной глубиной фокуса (extended depth of focus, EDOF). Такие модели формируют протяженную область фокусировки, что позволяет обеспечивать функциональное зрение не только вдаль, но и на промежуточном и ближнем расстоянии [4, 5]. По данным современных исследований, EDOF ИОЛ способны обеспечивать более плавный диапазон зрения и меньшую выраженность нежелательных оптических эффектов по сравнению с мультифокальными конструкциями [6–8].

Особое внимание в последние годы уделяется недифракционным EDOF-линзам. Использование полностью рефракционных оптических технологий позволяет сохранять высокое качество изображения и минимизировать снижение контрастной чувствительности [4, 6, 9]. Одной из таких моделей является TECNIS PureSee (Johnson & Johnson Vision), предназначенная для расширения диапазона зрения при сохранении контрастной чувствительности и низкой выраженности фотических феноменов, характерных для монофокальных ИОЛ.

При оценке результатов имплантации современных ИОЛ все большее значение приобретают не только показатели стандартной остроты зрения, но и функциональные параметры зрительного восприятия. Контрастная чувствительность и мезопическое зрение играют важную роль в повседневной зрительной активности, особенно в условиях недостаточного освещения и наличия бликов [6, 9]. Снижение этих показателей может влиять на субъективное восприятие качества зрения даже при хорошей остроте зрения по стандартным таблицам [10].

Отдельный интерес представляет применение EDOF ИОЛ у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой

(ПОУГ). Поскольку распространенность как катаракты, так и ПОУГ растет с возрастом, сочетание этих заболеваний в клинической практике встречается достаточно часто [12]. Для глаукомы характерны изменения зрительных функций, в том числе ухудшение контрастной чувствительности, что требует осторожного подхода при выборе премиальных ИОЛ. В связи с этим оценка функциональных результатов имплантации EDOF ИОЛ у пациентов с ПОУГ представляет практическую значимость.

Следует также учитывать, что оценка зрительных функций может проводиться с использованием различных шкал. Помимо традиционной десятичной системы Decimal, в научных исследованиях широко применяется шкала logMAR, позволяющая более точно количественно оценивать изменения остроты зрения и обеспечивающая высокую воспроизводимость результатов [11].

Цель исследования: оценить остроту зрения, контрастную чувствительность и мезопическое зрение после имплантации EDOF ИОЛ TECNIS PureSee у пациентов с катарактой и ПОУГ I–II стадии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Представлены предварительные результаты наблюдения 24 пациентов (44 глаза), которым была выполнена факоэмульсификация катаракты с имплантацией полностью рефракционной EDOF ИОЛ TECNIS PureSee в период с октября 2025 г. по май 2026 г. В основную группу вошли пациенты с ПОУГ I–II стадии (10 пациентов, 17 глаз), контрольную группу составили пациенты без глаукомы (14 пациентов, 27 глаз). Пациенты основной группы получали местную гипотензивную терапию, обеспечивавшую компенсированный уровень внутриглазного давления. Диагноз ПОУГ был поставлен впервые при проведении первичного диагностического осмотра и комплексного офтальмологического обследования, включавшего оценку уровня внутриглазного давления, данных периметрии и оптической когерентной томографии. С момента выставления нами диагноза до проведения операции проходило от 2 до 4 нед. *Критерии не включения:* наличие заболеваний сетчатки и зрительного нерва, ранее перенесенные внутриглазные операции, выраженная патология роговицы, воспалительные заболевания глаза, вторичная глаукома, декомпенсированное течение ПОУГ, а также невозможность выполнения функциональных исследований

или отказ пациента от участия в исследовании. Настоящее исследование было проведено в соответствии с принципами Хельсинкской декларации. Все пациенты подписали информированное добровольное согласие на проведение обследования и публикацию обезличенных клинических данных.

Единицей статистического анализа являлся глаз, что соответствует подходу, используемому в ряде клинических офтальмологических исследований, посвященных оценке функциональных результатов имплантации ИОЛ [13].

Всем пациентам выполняли стандартную факэмульсификацию катаракты через роговичный тоннельный разрез 2,2 мм с имплантацией полностью рефракционной EDOF ИОЛ TECNIS PureSee в капсульный мешок. После выполнения непрерывного капсулорексиса, гидродиссекции и факэмульсификации ядра проводили аспирацию хрусталиковых масс, удаление вискоэластика и герметизацию разрезов. Во всех случаях операцию выполняли по стандартной методике. Данная линза предназначена для обеспечения непрерывного диапазона зрения на дальнем, промежуточном и ближнем расстояниях при минимизации световых феноменов. Оптический дизайн линзы основан на полностью рефракционной технологии без использования дифракционных колец.

До операции и через 1 мес. после хирургического вмешательства всем пациентам проводили комплексное офтальмологическое обследование, включавшее оценку некорригированной остроты зрения (НКОЗ) и максимально корригированной остроты зрения (МКОЗ) на расстояниях 40 и 60 см, 5 м. Анализ проводили как в системе logMAR, так и в системе Decimal.

Дополнительно оценивали контрастную чувствительность при уровнях контраста 80, 40, 20, 10 и 5% в условиях НКОЗ и МКОЗ.

Контрастную чувствительность и мезопическое зрение оценивали с использованием анализатора зрительных функций Binoptometer 4P (OCULUS Optikgeräte GmbH, Германия). Контрастную чувствительность определяли в фотопических условиях при уровнях контраста 80, 40,

20, 10 и 5%. Мезопическое зрение оценивали по способности распознавания опто типов в условиях пониженной освещенности без дополнительных засветов (glare without) и при наличии яркого источника света, моделирующего воздействие бликов (glare with). Это позволяет оценить зрительные функции в условиях, приближенных к реальным условиям сумеречного освещения, и при наличии встречных световых помех.

Статистическую обработку данных проводили с использованием программного обеспечения RStudio (R version 4.4.1). Количественные данные представлены в виде медианы и 1-го и 3-го квартилей (Me [Q1; Q3]). С учетом небольшого объема выборки и отклонения распределения показателей от нормального для статистического анализа использовали непараметрические критерии. Для оценки динамики показателей внутри групп применяли критерий Уилкоксона для связанных выборок. Для сравнения величины изменений показателей в группах рассчитывали дельту показателя (Δ), определяемую как разницу между значениями до операции и через 1 мес. после вмешательства. Сравнение Δ между группами выполняли с использованием критерия Манна — Уитни.

Для анализа мезопического зрения категории 1:2.7–1:2 были объединены как более благоприятные показатели, а категории >1:23, 1:23 и 1:5 — как менее благоприятные. Внутригрупповую динамику доли пациентов с более благоприятными показателями мезопического зрения оценивали с использованием критерия Мак-Немара, а межгрупповые различия — с помощью точного критерия Фишера. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Группы были сопоставимы по возрасту, полу, частоте астигматизма, миопии средней и высокой степени, а также гиперметропии (все $p > 0,05$). При этом распределение по степени зрелости катаракты различалось между группами ($p = 0,003$) — в основной группе чаще встречались более выраженные стадии катаракты (табл. 1). Исходные показа-

Таблица 1. Клинико-демографическая характеристика обследованных групп

Table 1. Clinical and demographic characteristics of the groups

Показатель Parameter	Основная группа Study group	Контрольная группа Control group	p
Возраст, годы / Age, years, M (min–max)	65 (51–81)	59 (49–77)	0,110
Мужчины, глаза / Male, eyes	9	10	0,359
Женщины, глаза / Female, eyes	8	17	
ПОУГ I стадии, глаза / Stage I POAG, eyes	11	0	–
ПОУГ II стадии, глаза / Stage II POAG, eyes	6	0	–
Начальная катаракта, глаза / Early cataract, eyes	5	19	0,003
Незрелая катаракта, глаза / Immature cataract, eyes	7	8	
Зрелая катаракта, глаза / Mature cataract, eyes	5	0	
Астигматизм, глаза / Astigmatism, eyes	7	6	0,309
Миопия средней и высокой степени, глаза / Moderate and high myopia, eyes	3	4	1,000
Гиперметропия, глаза / Hypermetropia, eyes	8	9	0,526

Окончание таблицы 1

Table 1 (continued)

Показатель Parameter	Основная группа Study group	Контрольная группа Control group	p
40 см НКОЗ (Decimal) / 40 cm UCVA (Decimal)	0,10 [0,05; 0,32]	0,20 [0,10; 0,32]	0,239
40 см МКОЗ (Decimal) / 40 cm BCVA (Decimal)	0,70 [0,40; 0,80]	0,80 [0,50; 1,00]	0,248
60 см НКОЗ (Decimal) / 60 cm UCVA (Decimal)	0,10 [0,10; 0,40]	0,20 [0,10; 0,40]	0,180
60 см МКОЗ (Decimal) / 60 cm BCVA (Decimal)	0,70 [0,40; 0,80]	0,70 [0,63; 0,90]	0,353
5 м НКОЗ (Decimal) / 5 m UCVA (Decimal)	0,30 [0,20; 0,50]	0,40 [0,20; 0,56]	0,336
5 м МКОЗ (Decimal) / 5 m BCVA (Decimal)	0,63 [0,40; 1,00]	0,80 [0,63; 1,00]	0,367

Note. POAG — primary open-angle glaucoma, UCVA — uncorrected visual acuity, BCVA — best-corrected visual acuity.

тели НКОЗ и МКОЗ между группами статистически значимо не различались, что может быть связано с небольшим объемом выборки, вариабельностью функциональных показателей, рефракционным статусом и тем, что острота зрения определяется не только степенью зрелости катаракты, но и локализацией помутнений в хрусталике.

Через 1 мес. после имплантации ИОЛ TECNIS PureSee в обеих группах отмечалось статистически значимое улучшение остроты зрения на всех исследуемых дистанциях. Интра- и послеоперационных осложнений в исследуемых группах зарегистрировано не было.

В системе logMAR снижение показателей соответствовало улучшению зрительных функций. В контрольной группе статистически значимое снижение значений logMAR наблюдалось как для НКОЗ, так и для МКОЗ на дистанциях 40 и 60 см, 5 м (все $p \leq 0,002$). Аналогичные изменения были выявлены и в основной группе (все $p \leq 0,006$). Несмотря на более низкие исходные зрительные показатели у пациентов с ПОУГ, величина прироста остроты зрения (Δ) статистически значимо не различалась между группами (все $p > 0,05$).

Анализ остроты зрения в системе Decimal подтвердил результаты, полученные при использовании logMAR (табл. 2). В обеих группах наблюдалось статистически значимое улучшение остроты зрения на всех исследуемых дистанциях после операции как для НКОЗ, так и для МКОЗ.

В обеих группах после операции наблюдалось улучшение показателей контрастной чувствительности в системе logMAR (табл. 3). В контрольной группе статистически значимое улучшение контрастной чувствительности выявлено при всех уровнях контраста для НКОЗ (все $p = 0,001 - 0,003$), а также для МКОЗ при уровнях контраста 80, 40, 20, 10 и 5% ($p = 0,005 - 0,031$).

В основной группе статистически значимое улучшение контрастной чувствительности выявлено для всех уровней НКОЗ (все $p \leq 0,004$). Среди показателей МКОЗ улучшение не достигло уровня статистической значимости при уровне контраста 80% ($p = 0,073$), тогда как при уровнях контраста 40, 20, 10 и 5% различия были статистически значимыми ($p = 0,003 - 0,014$).

Таблица 2. Динамика остроты зрения в системе Decimal по данным биоптометрии

Table 2. Changes in visual acuity (decimal scale) assessed by binoptometry

Показатель Parameter	Группа Group	До операции Before surgery	Через 1 мес. после операции 1 month after surgery	p (внутри группы) Within-group p value	p (между группами по Δ) / Between-group p value for Δ
40 см НКОЗ / 40 cm UCVA	Основная / Study	0,10 [0,05; 0,32]	0,50 [0,40; 0,63]	0,001	0,646
	Контрольная / Control	0,20 [0,10; 0,32]	0,50 [0,50; 0,70]	<0,001	
40 см МКОЗ / 40 cm BCVA	Основная / Study	0,70 [0,40; 0,80]	0,80 [0,70; 1,00]	0,012	0,502
	Контрольная / Control	0,80 [0,50; 1,00]	1,00 [0,80; 1,00]	0,002	
60 см НКОЗ / 60 cm UCVA	Основная / Study	0,10 [0,10; 0,40]	0,63 [0,63; 0,80]	<0,001	0,763
	Контрольная / Control	0,20 [0,10; 0,40]	0,63 [0,63; 0,80]	<0,001	
60 см МКОЗ / 60 cm BCVA	Основная / Study	0,70 [0,40; 0,80]	0,80 [0,80; 1,00]	0,006	0,659
	Контрольная / Control	0,70 [0,63; 0,90]	1,00 [0,80; 1,00]	<0,001	
5 м НКОЗ / 5 m UCVA	Основная / Study	0,30 [0,20; 0,50]	0,80 [0,70; 1,00]	<0,001	0,952
	Контрольная / Control	0,40 [0,20; 0,56]	1,00 [0,80; 1,00]	<0,001	
5 м МКОЗ / 5 m BCVA	Основная / Study	0,63 [0,40; 1,00]	1,00 [0,80; 1,00]	0,006	0,345
	Контрольная / Control	0,80 [0,63; 1,00]	1,00 [0,80; 1,00]	0,002	

Таблица 3. Динамика контрастной чувствительности в системе logMAR по данным биноптометрии**Table 3.** Changes in contrast sensitivity (logMAR scale) assessed by binoptometry

Показатель Parameter	Основная группа / Study group			Контрольная группа / Control group			p между группами Between-group p value
	до операции before surgery	через 1 мес. после операции / 1 month after surgery	p	до операции before surgery	через 1 мес. после операции / 1 month after surgery	p	
80% НКОЗ / 80% UCVA	0,7 [0,4; 1]	0,2 [0,1; 0,3]	0,003	0,5 [0,3; 0,85]	0,1 [0; 0,2]	<0,001	0,923
80% МКОЗ / 80% BCVA	0,3 [0,1; 0,7]	0,18 [0,1; 0,2]	0,073	0 [0; 0,2]	0 [0; 0,05]	0,031	0,192
40% НКОЗ / 40% UCVA	0,8 [0,6; 1]	0,4 [0,4; 0,4]	0,002	0,4 [0,4; 0,7]	0,4 [0,4; 0,4]	0,001	0,005
40% МКОЗ / 40% BCVA	0,6 [0,4; 0,8]	0,4 [0,4; 0,4]	0,005	0,4 [0,4; 0,4]	0,4 [0,4; 0,4]	0,018	0,01
20% НКОЗ / 20% UCVA	1 [0,8; 1,1]	0,4 [0,4; 0,6]	<0,001	0,6 [0,5; 0,8]	0,4 [0,4; 0,4]	<0,001	0,004
20% МКОЗ / 20% BCVA	0,6 [0,6; 1]	0,4 [0,4; 0,4]	0,014	0,4 [0,4; 0,6]	0,4 [0,4; 0,4]	0,005	0,126
10% НКОЗ / 10% UCVA	1 [0,8; 1,3]	0,6 [0,4; 0,8]	0,002	0,8 [0,6; 0,8]	0,6 [0,4; 0,6]	0,002	0,024
10% МКОЗ / 10% BCVA	0,8 [0,6; 1]	0,6 [0,4; 0,6]	0,003	0,6 [0,6; 0,8]	0,4 [0,4; 0,6]	<0,001	0,069
5% НКОЗ / 5% UCVA	1,3 [0,8; 1,3]	0,8 [0,8; 0,8]	0,003	0,8 [0,8; 0,8]	0,8 [0,6; 0,8]	0,003	0,01
5% МКОЗ / 5% BCVA	1 [0,8; 1,3]	0,8 [0,6; 0,8]	0,006	0,8 [0,6; 0,8]	0,6 [0,6; 0,8]	0,011	0,073

При сравнении величины послеоперационных изменений в системе logMAR между группами статистически значимые различия были выявлены для НКОЗ при уровнях контраста 40% ($p=0,005$), 20% ($p=0,004$), 10% ($p=0,024$) и 5% ($p=0,010$), а также для МКОЗ при уровне контраста 40% ($p=0,010$). Для остальных показателей МКОЗ статистически значимых межгрупповых различий выявлено не было (все $p>0,05$).

Анализ в системе Decimal подтвердил наличие послеоперационного улучшения контрастной чувствительности в обеих группах. Статистически значимые различия между группами по величине изменений были выявлены (табл. 4):

- ♦ при 40% контрасте для НКОЗ и МКОЗ;
- ♦ при 20% контрасте для МКОЗ;
- ♦ при 5% контрасте для НКОЗ и МКОЗ.

Таким образом, несмотря на наличие ПОУГ, пациенты основной группы также демонстрировали выраженное улучшение остроты зрения и контрастной чувствительности после имплантации ИОЛ TECNIS PureSee. Однако по ряду показателей контрастной чувствительности величина послеоперационных изменений отличалась от величины в контрольной группе, особенно в условиях низкого контраста.

Анализ мезопического зрения проводили в условиях glare without и glare with до операции и через 1 мес. после имплантации ИОЛ TECNIS PureSee (табл. 5). В обеих группах после операции отмечалось смещение распределения в сторону более низких уровней контраста, что свидетельствовало об улучшении мезопического зрения.

В контрольной группе число пациентов с более благоприятными показателями мезопического зрения (уровни контраста 1:2,7–1:2) увеличилось как в условиях glare without, так и в условиях glare with. При этом в условиях glare without внутригрупповые изменения достигали статистической значимости ($p=0,041$), тогда как в условиях glare with наблюдалась тенденция к статистической значимости ($p=0,074$).

Таблица 4. Значимые межгрупповые различия контрастной чувствительности (Decimal)**Table 4.** Significant between-group differences in contrast sensitivity (decimal scale)

Показатель Parameter	Δ Основная группа Δ Study group	Δ Контрольная группа Δ Control group	p
40% НКОЗ / 40% UCVA	0,24 [0,15; 0,3]	0 [0; 0,2]	0,008
40% МКОЗ / 40% BCVA	0,15 [0; 0,24]	0 [0; 0]	0,005
20% МКОЗ / 20% BCVA	0,15 [0; 0,24]	0 [0; 0,15]	0,041
5% НКОЗ / 5% UCVA	0,11 [0; 0,15]	0 [0; 0,09]	0,005
5% МКОЗ / 5% BCVA	0,11 [0; 0,15]	0 [0; 0,09]	0,041

В основной группе также отмечалось увеличение числа пациентов с более благоприятными показателями мезопического зрения как в условиях glare without, так и в условиях glare with, однако статистически значимых изменений выявлено не было (в обоих случаях $p=0,248$). У части пациентов с ПОУГ даже после операции сохранялись более низкие показатели распознавания стимулов в мезопических условиях.

Межгрупповых различий по распределению показателей мезопического зрения не выявлено ни до операции (glare without: $p=0,358$; glare with: $p=0,172$), ни через 1 мес. после хирургического лечения (glare without: $p=0,211$; glare with: $p=0,092$).

Обсуждение

Полученные данные показали, что имплантация полностью рефракционной EDOF ИОЛ TECNIS PureSee сопровождалась улучшением зрительных функций как у пациентов без глаукомы, так и у пациентов с ПОУГ I–II стадии. Таким образом, наличие компенсированной глаукомы

Таблица 5. Изменение мезопического зрения через 1 мес. после операции по данным биноптометрии**Table 5.** Changes in mesopic vision 1 month after surgery assessed by binoptometry

Группа Group	Срок наблюдения Follow-up time point	>1:23	1:23	1:5	1:2,7-1:2	p (внутри группы) Within-group p value	p (между группами) Between-group p value
Glare without							
Контрольная Control	До операции / Before surgery	9	1	0	4	0,041	p ₁ =0,358 p ₂ =0,211
	Через 1 мес. после операции / 1 month after surgery	3	1	1	9		
Основная Study	До операции / Before surgery	8	0	1	1	0,248	
	Через 1 мес. после операции / 1 month after surgery	5	0	2	3		
Glare with							
Контрольная Control	До операции / Before surgery	8	0	0	6	0,074	p ₁ =0,172 p ₂ =0,092
	Через 1 мес. после операции / 1 month after surgery	2	0	1	11		
Основная Study	До операции / Before surgery	8	0	1	1	0,248	
	Через 1 мес. после операции / 1 month after surgery	3	0	2	5		

Примечание. p_1 — до операции, p_2 — после операции.

Note. p_1 — before surgery, p_2 — after surgery.

не препятствовало достижению положительных функциональных результатов после операции.

Полученные результаты согласуются с современными исследованиями EDOF ИОЛ, в которых показано, что подобные линзы обеспечивают высокие показатели зрения на различных дистанциях при сохранении хорошего качества изображения и меньшей выраженности нежелательных оптических эффектов по сравнению с мультифокальными конструкциями [2–8]. В настоящей работе аналогичная положительная динамика была получена не только у пациентов без сопутствующей патологии, но и у пациентов с ПОУГ.

Следует отметить, что количество публикаций о применении EDOF ИОЛ у пациентов с ПОУГ ограничено. Вместе с тем опубликованные исследования у пациентов с ранней ПОУГ также демонстрируют хорошие функциональные результаты после имплантации недифракционных EDOF ИОЛ [14].

Особый интерес представляют результаты оценки контрастной чувствительности. Несмотря на исходно более низкие показатели у пациентов с ПОУГ, после операции в обеих группах отмечалось улучшение зрительных функций. При этом по ряду параметров контрастной чувствительности были выявлены различия в величине послеоперационных изменений между группами. Вероятно, это может быть связано с известными функциональными нарушениями при глаукоме, которые затрагивают механизмы контрастного восприятия и особенно проявляются при низких уровнях контраста [15].

Полученные данные согласуются с результатами исследований недифракционных EDOF ИОЛ, в которых сообщается о лучшем сохранении контрастной чувствительности по сравнению с дифракционными мультифокальными конструкциями [6, 7]. Вероятно, полностью рефракционный оптический дизайн TECNIS PureSee способствует сохранению более физиологического характера зрительного восприятия.

Отдельного внимания заслуживают результаты оценки мезопического зрения. После операции в обеих группах отмечалась тенденция к улучшению способности распоз-

навания опто типов в условиях пониженной освещенности и при наличии яркого света (glare with). Несмотря на то, что у части пациентов с ПОУГ сохранялись более низкие показатели, отрицательного влияния имплантации ИОЛ на мезопическое зрение выявлено не было. Это представляет практический интерес, поскольку именно снижение контрастной чувствительности и ухудшение зрения в сумеречных условиях традиционно рассматриваются как факторы, ограничивающие применение премиальных ИОЛ у пациентов с глаукомой [16].

Следует отметить, что настоящее исследование носит пилотный характер и имеет ряд ограничений. К ним относятся небольшой объем выборки, короткий период наблюдения. Кроме того, распределение глаз по степени зрелости катаракты между группами было неоднородным, что также необходимо учитывать при интерпретации полученных результатов. В связи с этим полученные данные требуют подтверждения в более крупных проспективных исследованиях с более длительным периодом наблюдения.

Выводы

1. Имплантация полностью рефракционной EDOF ИОЛ TECNIS PureSee сопровождалась статистически значимым улучшением остроты зрения на дальнем, промежуточном и ближнем расстоянии как у пациентов с ПОУГ I–II стадии, так и у пациентов без глаукомы.
2. Положительная динамика зрительных функций на дистанциях 40 и 60 см, 5 м была подтверждена при оценке как в системе logMAR, так и в системе Decimal, что свидетельствует о стабильном улучшении зрительных показателей после операции.
3. После имплантации ИОЛ TECNIS PureSee в обеих группах отмечалось улучшение показателей контрастной чувствительности и мезопического зрения как в условиях пониженной освещенности, так и при наличии яркого света (glare with).
4. Несмотря на более низкие исходные зрительные показатели у пациентов с глаукомой, после импланта-

ции EDOF ИОЛ в обеих группах отмечалось улучшение функциональных характеристик зрения.

- Полученные результаты позволяют рассматривать EDOF ИОЛ TECNIS PureSee как потенциально перспективный вариант интраокулярной коррекции у пациентов с компенсированной ПОУГ I–II стадии. Для подтверждения полученных данных необходимы дальнейшие исследования с большим объемом выборки и более длительным периодом наблюдения. ▲

Литература / References

- Vision Loss Expert Group of the Global Burden of Disease Study; GBD 2019 Blindness and Vision Impairment Collaborators. Global estimates on the number of people blind or visually impaired by cataract: a meta-analysis from 2000 to 2020. *Eye (Lond)*. 2024;38(11):2156–2172. DOI: 10.1038/s41433-024-02961-1. Erratum in: *Eye (Lond)*. 2024;38(11):2229–2231. DOI: 10.1038/s41433-024-03161-7
- Khoramnia R., Auffarth G., Labuz G. et al. Refractive Outcomes after Cataract Surgery. *Diagnostics (Basel)*. 2022;12(2):243. DOI: 10.3390/diagnostics12020243
- Cochener B., Boutillier G., Lamard M., Auberger-Zagnoli C. A comparative evaluation of a new generation of diffractive trifocal and extended depth of focus intraocular lenses. *J Refract Surg*. 2018;34(8):507–514. DOI: 10.3928/1081597X-20180530-02
- Corbett D., Campos Möller X., Cochener B. et al. Quality of vision clinical outcomes for a new fully refractive extended depth of focus intraocular lens. *Eye*. 2024;38(Suppl 1):9–14. DOI: 10.1038/s41433-024-03039-8
- Безик С.В., Клийменко А.В., Чукалина И.В. EDOF — как это работает? *Вестник НМИЦ им. Н.И. Пирогова*. 2024;19(4, Supplement):100–102. DOI: 10.25881/20728255_2024_19_4_S1_100
- Bezik S.V., Kliymenko A.V., Chukalina I.V. How does EDOF work? *Bulletin of Pirogov National Medical and Surgical Center*. 2024;19(4, Supplement):100–102 (in Russ.). DOI: 10.25881/20728255_2024_19_4_S1_100
- Baoud Ould Haddi I., Blázquez-Sánchez V., Flores-Cervantes D. et al. Comparative photopic and mesopic visual performance of enhanced monofocal intraocular lenses versus a non-diffractive extended depth of focus lens. *J Clin Med*. 2026;15(4):1368. DOI: 10.3390/jcm15041368

- Karam M., Alkhowaiter N., Alkhabbaz A. et al. Extended depth of focus versus trifocal for intraocular lens implantation: an updated systematic review and meta-analysis. *Am J Ophthalmol*. 2023;251:52–70. DOI: 10.1016/j.ajo.2023.01.024
- Фурсова А.Ж., Атаманенко А.А. Интраокулярные линзы с углубленным фокусом (EDOF) и трифокальные линзы: преимущества и недостатки. Что определяет выбор оптической коррекции? Обзор. *Офтальмология*. 2024;21(4):674–680. DOI: 10.18008/1816-5095-2024-4-674-680
- Fursova A.Zh., Atamanenko A.A. Extended depth of focus (EDOF) and trifocal lenses: advantages and disadvantages. What determines the choice of optical correction? Review. *Ophthalmology in Russia*. 2024;21(4):674–680 (in Russ.). DOI: 10.18008/1816-5095-2024-4-674-680
- Irinkova B., Petkova I., Kuneva I. Commentary on analysis of contrast sensitivity in patients implanted with Acunex Vario and LuxSmart extended depth of focus intraocular lenses. *Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2025;7(1):12–16.
- Kumar N., Kabeto M., Galecki A.T. et al. Contrast sensitivity impairment is associated with limitations of physical functioning and activities of daily living among older adults. *J Aging Health*. 2025 Sep 2:8982643251375113. DOI: 10.1177/08982643251375113. Epub ahead of print.
- Caltrider D., Gupta A., Tripathy K. Evaluation of visual acuity. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024.
- Ивачев Е.А. Особенности хирургии катаракты и послеоперационного периода у пациентов с глаукомой (сообщение 1). *Национальный журнал Глаукома*. 2022;21(3):49–56. DOI: 10.53432/2078-4104-2022-21-3-49-56
- Ivachev E.A. Features of cataract surgery and the postoperative period in patients with glaucoma (part 1). *National Journal glaucoma*. 2022;21(3):49–56 (in Russ.). DOI: 10.53432/2078-4104-2022-21-3-49-56
- Waring G.O. IV, Stonecipher K., Lobanoff M. et al. Safety and Effectiveness of Laser in Situ Keratomileusis Using the Teneo 317 Model 2 for Correcting Myopia and Myopic Astigmatism: Results of the U.S. FDA Clinical Trial. *J Refract Surg*. 2024;40(8):e544–e553. DOI: 10.3928/1081597X-20240611-03
- Kerr N.M., Moshegov S., Lim S., Simos M. Visual outcomes, spectacle independence, and patient-reported satisfaction of the vivity extended range of vision intraocular lens in patients with early glaucoma: an observational comparative study. *Clin Ophthalmol*. 2023;17:1515–1523. DOI: 10.2147/OPTH.S411561
- Triplone M.C., Issolio L.A., Perez D.O., Barrionuevo P.A. Contrast Sensitivity Is Impaired in Suspected Primary Open-Angle Glaucoma Patients. *Brain Sci*. 2024;14(10):993. DOI: 10.3390/brainsci14100993
- Hong A.S.Y., Ang B.C.H., Dorairaj E., Dorairaj S. Premium Intraocular Lenses in Glaucoma-A Systematic Review. *Bioengineering (Basel)*. 2023;10(9):993. DOI: 10.3390/bioengineering10090993

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Горынина Ольга Андреевна — к.м.н., главный врач, врач-офтальмолог Центра микрохирургии глаза «МедиКом» (ООО «Офтальмолог»); 606010, Россия, г. Дзержинск, пр-т Ленина, д. 77; ORCID iD 0009-0009-4866-2971

Файзрахманов Ринат Рустамович — д.м.н., профессор, заведующий Центром офтальмологии, заведующий кафедрой глазных болезней ФГБУ «НМХЦ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России; 105203, Россия, г. Москва, ул. Нижняя Первомайская, д. 70; ORCID iD 0000-0002-4341-3572

Павловский Олег Александрович — к.м.н., доцент кафедры глазных болезней ФГБУ «НМХЦ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России; 105203, Россия, г. Москва, ул. Нижняя Первомайская, д. 70; врач-офтальмолог Центра микрохирургии глаза «МедиКом» (ООО «Офтальмолог»); 606010, Россия, г. Дзержинск, пр-т Ленина, д. 77; ORCID iD 0000-0003-3470-6282

Контактная информация: Горынина Ольга Андреевна, e-mail: gorynina.olg@yandex.ru

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 04.06.2026.

Поступила после рецензирования 25.06.2026.

Принята в печать 14.07.2026.

ABOUT THE AUTHORS:

Olga A. Gorynina — C. Sc. (Med.), Chief Medical Officer, ophthalmologist; Eye Microsurgery Center "MediKom" ("Oftalmolog" LLC); 77, Lenina ave., Dzerzhinsk, 606010, Russian Federation; ORCID iD 0009-0009-4866-2971

Rinat R. Fayzrakhmanov — Dr. Sc. (Med.), Professor, Head of the Center of Ophthalmology, Head of the Department of Eye Diseases; Pirogov National Medical and Surgical Center; 70, Nizhnyaya Pervomayskaya str., Moscow, 105203, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-4341-3572

Oleg A. Pavlovskiy — C. Sc. (Med.), Associate Professor of the Department of Eye Diseases; Pirogov National Medical and Surgical Center; 70, Nizhnyaya Pervomayskaya str., Moscow, 105203, Russian Federation; ophthalmologist; Eye Microsurgery Center "MediKom" ("Oftalmolog" LLC); 77, Lenina ave., Dzerzhinsk, 606010, Russian Federation; ORCID iD 0000-0003-3470-6282

Contact information: Olga A. Gorynina, e-mail: gorynina.olg@yandex.ru

Financial Disclosure: no authors have a financial or property interest in any material or method mentioned.

There is no conflict of interest.

Received 04.06.2026.

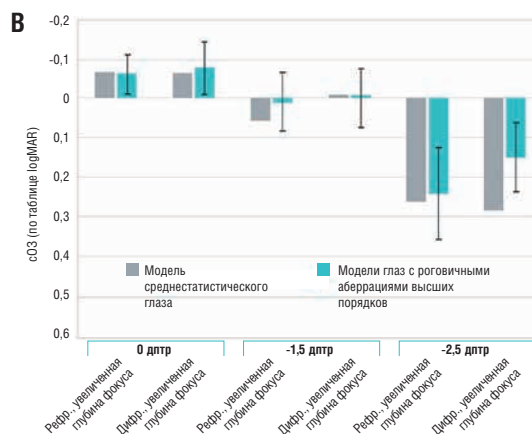
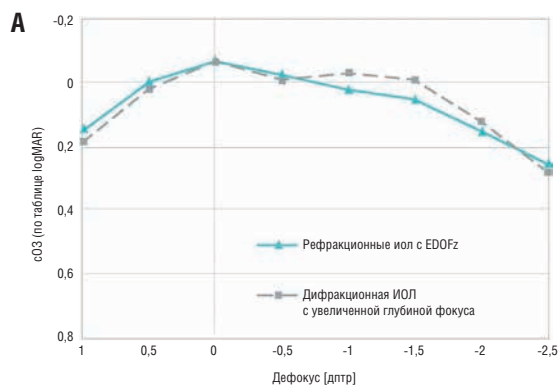
Revised 25.06.2026.

Accepted 14.07.2026.

Оценка смоделированной оптической и клинической эффективности новой рефракционной интраокулярной линзы с увеличенной глубиной фокуса / Optical and Clinical Simulated Performance of a New Refractive Extended Depth of Focus Intraocular Lens

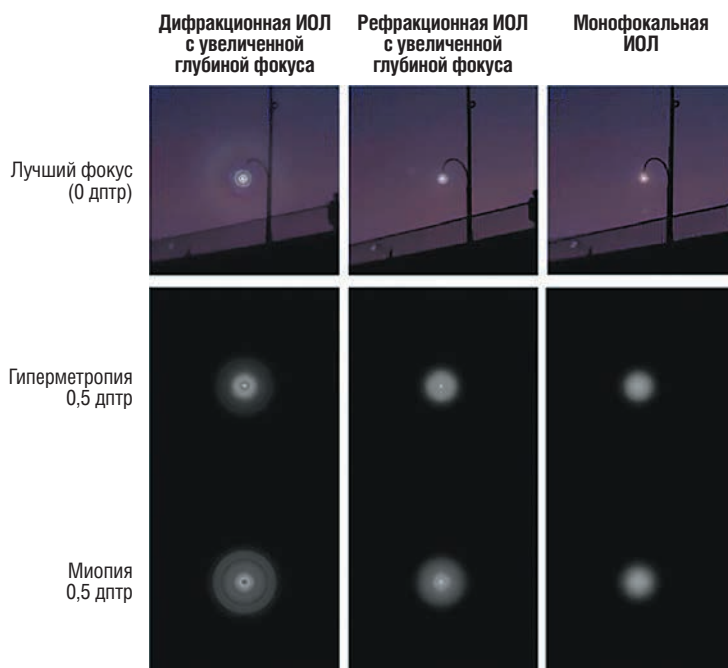
КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

РЕЗУЛЬТАТЫ



РЕЗУЛЬТАТЫ

Моделирование внефокальной остроты зрения. А Смоделированная бинокулярная острота зрения (сОЗ), рассчитанная на основе данных, полученных в рамках стендового испытания с использованием физиологической модели среднестатистического глаза. В сОЗ, измеренная с использованием модели роговицы среднестатистического глаза (модель среднестатистического глаза) и смоделированная на реалистичных моделях глаза с различными корнеальными аберрациями высших порядков (модели глаз с корнеальными аберрациями высших порядков), вдаль (0 дптр), на среднем расстоянии (-1,5 дптр) и вблизи (-2,5 дптр) для рефракционных и дифракционных ИОЛ с увеличенной глубиной фокуса. На рисунках представлены средние значения $\pm$ стандартное отклонение.



Измерение ореола при наилучшем фокусе (0 дптр) и моделирование точечного источника света при миопии и гиперметропии

ВЫВОДЫ

Результаты измерений, выполненных в рамках стендового испытания, и данные компьютерного моделирования показывают, что новая рефракционная ИОЛ TECNIS PureSee® с увеличенной глубиной фокуса может обеспечивать такой же диапазон зрения, как и дифракционная ИОЛ TECNIS Symfony®, обладает более высокой устойчивостью к рефракционным нарушениям и имеет профиль дисфотопсии, аналогичный таковому у монофокальных ИОЛ даже при наличии рефракционных нарушений.

Johnson & Johnson

DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-3

Персонализированная анкета комплаентности терапии как инструмент прогнозирования приверженности детей школьного возраста оптическим методам контроля миопии

Ю.Н. Юсеф¹, Д.А. Мягков¹, В.И. Чудинова², С.Г. Хомяков¹, А.В. Мягков²¹ФГБНУ «НИИГБ им. М.М. Краснова», Москва, Российская Федерация²АНО «НИМ», Москва, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Введение: прогрессирующая миопия у детей школьного возраста остается значимой проблемой современной офтальмологии. Эффективность оптического контроля миопии в реальной клинической практике определяется не только дизайном назначенного метода, но и готовностью ребенка и его семьи регулярно использовать средство коррекции, соблюдать режим ухода и посещать контрольные осмотры. Поэтому необходимы инструменты, позволяющие до назначения метода оценивать потенциальную приверженность ему пациента и семьи.

Цель исследования: разработать и провести первичную клиническую оценку персонализированной анкеты комплаентности терапии (ПАКТ) как инструмента предварительного прогнозирования приверженности детей школьного возраста и их семей оптическим методам контроля миопии.

Материал и методы: проведено проспективное наблюдательное исследование, включившее 220 пациентов (436 глаз) 8–13 лет с прогрессирующей миопией слабой и средней степени. До назначения коррекции пациенты совместно с родителями заполняли ПАКТ, состоящую из 30 вопросов с дихотомическими ответами и весовой оценкой по трем шкалам: очковая коррекция, мягкие контактные линзы и ортокератологические линзы. После анкетирования и клинического подбора сформированы группы: однофокальных очков, очков с оптически наведенным периферическим дефокусом (ОНПД), бифокальных мягких контактных линз (БМКЛ) и ортокератологических линз (ОКЛ). Клинические исходы оценивали на уровне отдельных глаз в течение 24 мес.: продолжение использования метода и выбывание из дальнейшего анализа.

Результаты исследования: в контрольную группу однофокальных очков вошел 21 пациент, в группу ОНПД — 63 пациента, в группу БМКЛ — 47 пациентов, в группу ОКЛ — 89 пациентов. Для анализа соответствия результата ПАКТ фактически выбранному классу метода однофокальные очки и ОНПД объединяли в категорию «очки», поскольку анкета формирует три итоговых направления: очки, мягкие контактные линзы и ОКЛ. Каждая шкала ПАКТ статистически значимо различала пациентов, выбравших соответствующий класс коррекции ($p < 0,001$). Выбывание глаз из дальнейшего анализа за 1-й год составило 33/124 (26,6%) в группе ОНПД, 8/92 (8,7%) в группе БМКЛ и 0/178 (0%) в группе ОКЛ; за 2-й год — 21/91 (23,1%), 2/84 (2,4%) и 10/178 (5,6%) соответственно.

Заключение: ПАКТ позволяет до назначения метода формализованно оценивать потенциальную приверженность ребенка и его семьи основным классам оптического контроля миопии. Полученные данные подтверждают возможность применения анкеты в клинической практике для предварительной стратификации приверженности и персонализации выбора метода оптического контроля миопии, однако дальнейшая независимая валидация необходима для уточнения пороговых значений шкал.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: миопия, контроль миопии, прогрессирующая миопия, приверженность, ПАКТ, анкетирование пациентов, выбывание, дефокусные очки, ортокератология, бифокальные мягкие контактные линзы, дети.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Юсеф Ю.Н., Мягков Д.А., Чудинова В.И., Хомяков С.Г., Мягков А.В. Персонализированная анкета комплаентности терапии как инструмент прогнозирования приверженности детей школьного возраста оптическим методам контроля миопии. Клиническая офтальмология. 2026;26(3):218–222. DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-3

Personalized Adherence to Compliance Therapy questionnaire as a tool for predicting adherence of school-aged children to optical methods of myopia control

Yu.N. Yusef¹, D.A. Myagkov¹, V.I. Chudinova², S.G. Khomyakov¹, A.V. Myagkov²¹M.M. Krasnov Research Institute of Eye Diseases, Moscow, Russian Federation²National Institute of Myopia, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Background: progressive myopia in school-aged children remains a significant challenge in contemporary ophthalmology. In routine clinical practice, the effectiveness of optical myopia control depends not only on the design of the prescribed method but also on the willingness of the child and their family to use the prescribed optical correction consistently, comply with the recommended care regimen, and attend follow-up visits. Therefore, there is a need for tools that enable the potential adherence of patients and their families to be assessed before a treatment modality is prescribed.

Aim: to develop and conduct an initial clinical evaluation of the Personalized Adherence to Compliance Therapy questionnaire (PACT) as a tool for predicting adherence of school-aged children and their families to optical methods of myopia control.

Patients and Methods: this prospective observational study included 220 patients (436 eyes) aged 8–13 years with progressive low and moderate myopia. Before treatment selection, patients and their parents completed the PACT questionnaire, consisting of 30 dichotomous questions with weighted scoring across three scales: spectacle correction, soft contact lenses, and orthokeratology lenses (OKL). Following questionnaire completion and clinical fitting, patients were assigned to one of four groups: single-vision spectacles, spectacles with optically induced peripheral defocus (OIPD), bifocal soft contact lenses (BSCL), or OKL. Clinical outcomes were assessed at the level of individual eyes over a 24-month follow-up period and included continuation of the prescribed treatment modality and withdrawal from further analysis.

Results: the single-vision spectacle (control) group included 21 patients, the OIPD group included 63 patients, the BSCL group included 47 patients, and the OKL group included 89 patients. For analysis of the agreement between the PACT results and the actual class of correction selected, the single-vision spectacle and OIPD groups were combined into the "spectacles" category because the questionnaire generates three final outputs: spectacles, soft contact lenses, and OKL. Each PACT scale significantly differentiated patients who selected the corresponding class of optical correction ($p < 0.001$). During the first year, withdrawal from further analysis occurred in 33 of 124 eyes (26.6%) in the OIPD group, 8 of 92 eyes (8.7%) in the BSCL group, and 0 of 178 eyes (0%) in the OKL group. During the second year, the corresponding values were 21 of 91 eyes (23.1%), 2 of 84 eyes (2.4%), and 10 of 178 eyes (5.6%), respectively.

Conclusion: the PACT permits a formalized, pre-treatment assessment of the potential adherence of children and their families to the major categories of optical myopia control. The findings confirm that the questionnaire may be applied in clinical practice for the preliminary stratification of adherence and for personalizing the choice of optical myopia control method. However, further independent validation is required to establish the threshold values for the questionnaire scales.

KEYWORDS: myopia, myopia control, progressive myopia, adherence, PACT, patient questionnaire, attrition, defocus spectacles, orthokeratology, bifocal soft contact lenses, children.

FOR CITATION: Yusef Yu.N., Myagkov D.A., Chudinova V.I., Khomyakov S.G., Myagkov A.V. *Personalized Adherence to Compliance Therapy questionnaire as a tool for predicting adherence of school-aged children to optical methods of myopia control. Russian Journal of Clinical Ophthalmology. 2026;26(3):218–222 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-3*

ВВЕДЕНИЕ

Миопия у детей и подростков остается одной из наиболее значимых проблем современной офтальмологии. Ее прогрессирование сопровождается аксиальным удлинением глаза, которое повышает риск осложнений высокой миопии, включая миопическую макулопатию, периферические дегенерации сетчатки, раннюю катаракту и глаукому [1]. Поэтому современное ведение пациентов детского возраста направлено не только на оптическую коррекцию имеющейся рефракционной ошибки, но и на замедление прогрессирования миопии и аксиального роста глаза [2–5].

К наиболее изученным оптическим методам контроля миопии относятся ортокератологические линзы (ОКЛ), мягкие мультифокальные или бифокальные контактные линзы (БМКЛ), а также специальные очковые линзы, формирующие периферический миопический дефокус. Клинические исследования демонстрируют способность этих методов замедлять прогрессирование миопии и аксиальное удлинение глаза у детей [2–5].

Результативность указанных методов в реальной клинической практике зависит не только от оптического дизайна, но и от готовности ребенка и семьи регулярно использовать средство коррекции, соблюдать режим ухода и посещать контрольные осмотры. Причины прекращения использования метода многофакторны: субъективный дискомфорт, качество зрения, режим ношения, сложность ухода за контактными линзами, образ жизни ребенка, мотивация семьи, экономические факторы и отношение родителей к выбранному методу [6–14].

В настоящей работе термин «приверженность» обозначает степень соответствия поведения пациента и семьи врачебным рекомендациям по регулярному использованию назначенного метода, соблюдению режима ухода и посещению контрольных осмотров. Термин «комплаентность» сохранен в названии анкеты ПАКТ как часть авторского названия инструмента. На этапе первичного выбора метода врачу важно оценивать не только офтальмологические параметры, но и потенциальную приверженность пациента и семьи. Это обосновывает разработку стандартизированного анкетирования, позволяющего

до назначения метода оценивать вероятность длительного соблюдения рекомендаций.

Цель исследования: разработать персонализированную анкету комплаентности терапии (ПАКТ) для оценки потенциальной приверженности методам оптического контроля миопии у детей школьного возраста и провести ее первичную клиническую оценку как инструмента предварительного прогнозирования приверженности и персонализации выбора метода коррекции.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования и характеристика выборки

Проведено проспективное наблюдательное клиническое исследование, включавшее 220 пациентов (436 глаз) в возрасте 8–13 лет с прогрессирующей миопией слабой и средней степени, обратившихся в клинику АНО «НИМ». Распределение по полу: 110 (50,0%) мальчиков и 110 (50,0%) девочек.

Критерии включения: миопия в диапазоне от $-0,50$ до $-6,00$ дптр, астигматизм не более $0,75$ дптр, анизометропия не более $2,00$ дптр, максимальная скорректированная острота зрения (МКОЗ) $1,0$ и выше, отсутствие другой офтальмологической и значимой системной патологии.

Слабую степень миопии определяли как сферический эквивалент рефракции (SER) от $-0,50$ до $-3,00$ дптр, среднюю степень — как SER более $-3,00$ до $-6,00$ дптр.

Критерии не включения: дети с амблиопией, косоглазием, предшествующим применением оптических методов контроля миопии или низких доз атропина.

В соответствии с выбранным методом коррекции были сформированы 4 клинические группы наблюдения: однофокальные очки (ОО, контроль), очки с оптически наведенным периферическим дефокусом (ОНПД), БМКЛ и ОКЛ. Распределение глаз по группам и степени миопии представлено в таблице 1.

Анкетирование пациентов

До назначения метода контроля миопии пациенты совместно с родителями отвечали на вопросы ПАКТ (заявка на патент № 2026102361 от 30.01.2026). Анкета содержит

Таблица 1. Распределение глаз по группам и степени миопии**Table 1.** Distribution of eyes by group and myopia severity

Группа / Group	Количество пациентов, n Patients, n	Количество глаз / Eyes		
		всего, n total, n	со слабой степенью миопии, n (%) / low myopia, n (%)	со средней степенью миопии, n (%) / moderate myopia, n (%)
ОО / Single-vision spectacles	21	42	24 (57,1)	18 (42,9)
ОНПД / Spectacles with optically induced peripheral defocus (OIPD)	63	124	92 (74,2)	32 (25,8)
БМКЛ / Bifocal soft contact lenses	47	92	52 (56,5)	40 (43,5)
ОКЛ / Orthokeratology lenses	89	178	116 (65,2)	62 (34,8)
Всего / Total	220	436	284 (65,1)	152 (34,9)

Примечание. Слабая степень миопии: SER от -0,50 до -3,00 дптр; средняя степень миопии: SER более -3,00 до -6,00 дптр.

Note. Low myopia: SER from -0.50 to -3.00 D; moderate myopia: SER greater than -3.00 to -6.00 D.

30 вопросов с ответами «да»/«нет», касающихся образа жизни ребенка, режима зрительных нагрузок, готовности семьи контролировать соблюдение режима, отношения к контактной коррекции, ночному ношению линз и регулярным контрольным визитам.

Каждому ответу присваивали весовой коэффициент в трех независимых шкалах, соответствующих трем итоговым направлениям оптической коррекции: очки (Шкала 1), МКЛ (Шкала 2) и ОКЛ (Шкала 3). Положительные значения суммарного балла свидетельствовали о большей готовности к соответствующему методу, отрицательные — о низкой потенциальной приверженности. При оценке соответствия результата ПАКТ фактически выбранному методу ОО и ОНПД объединяли в категорию «очки», поскольку анкета не предназначена для отдельного выбора между ОО и ОНПД.

Клиническое обследование и наблюдение

На базовом приеме всем пациентам проводили полное офтальмологическое обследование, включая измерение аксиальной длины глаза (AL) с помощью оптического биометра Aladdin HW 3.0 (Торсон, Япония) и определение рефракции с помощью авторефрактометра Huvitz HRK-7000 (Huvitz, Республика Корея) в условиях циклоплегии. Для циклоплегии в каждый глаз закапывали раствор тропикамида 5 мг/мл трехкратно с интервалом 5 мин; через 30 мин после последней инстилляции оценивали полноту циклоплегии. В группе ОКЛ циклоплегическую рефракцию определяли после временной отмены ношения линз в период переподбора до восстановления рельефа роговицы по данным топографии.

Очки, МКЛ и ОКЛ назначали по данным субъективной рефракции с достижением МКОЗ 1,0 и выше. Срок наблюдения составил 24 мес. На каждом визите фиксировали SER, AL, продолжение или прекращение использования назначенного метода, причины отказа и переход на другие способы коррекции. Единицей офтальмологического наблюдения являлся глаз, поскольку основные клинические исходы оценивали отдельно для каждого глаза. Под выбыванием понимали отсутствие дальнейших анализируемых данных по конкретному глазу в рамках исходно выбранного метода вследствие прекращения наблюдения, смены метода или неполноты последующих измерений.

Исследование проводилось в соответствии с принципами Хельсинкской декларации. Законные представители пациен-

тов подписывали информированное согласие на обследование, подбор метода коррекции и последующее наблюдение.

Одобрение локального этического комитета не требовалось, поскольку исследование носило наблюдательный характер, выбор метода коррекции осуществлялся самими пациентами и их законными представителями после клинического обследования и консультации врача, а эффективность применявшихся методов оптического контроля миопии была ранее подтверждена в клинических исследованиях [2–14].

Статистический анализ

Количественные показатели представлены как среднее значение и стандартное отклонение ($M \pm SD$), категориальные — как абсолютное число и доля (n (%)). Для сравнения частот использовали χ^2 -критерий или точный критерий Фишера при малых ожидаемых частотах. Для сравнения средних значений между группами применяли дисперсионный анализ или непараметрические аналоги в зависимости от распределения данных. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты анкетирования с помощью ПАКТ

Результаты ПАКТ демонстрировали выраженное соответствие между максимальной шкалой анкеты и фактически выбранным классом метода. По Шкале 1 пациенты, фактически выбравшие очковую коррекцию (ОО и ОНПД), имели статистически значимо более высокие баллы по сравнению с пациентами, выбравшими БМКЛ и ОКЛ. По Шкале 2 пациенты, использовавшие БМКЛ, имели более высокие баллы по сравнению с остальными группами. По Шкале 3 пациенты, использовавшие ОКЛ, имели более высокие баллы по сравнению с пациентами, выбравшими очковые методы и БМКЛ. Во всех случаях различия были статистически значимыми ($p < 0,001$) (табл. 2).

Выбывание глаз из дальнейшего анализа

Показатели сохранности наблюдения представлены как число глаз, доступных для дальнейшего анализа в рамках исходно выбранного метода коррекции. В группе ОО выбывание в течение 1-го года не отмечалось; данные 2-го года для этой контрольной группы не анализировались. В группе ОНПД за 1-й год выбыло 33/124 глаза (26,6%), за 2-й год — 21/91 глаз (23,1%). В группе БМКЛ

Таблица 2. Результаты исходного анкетирования с помощью ПАКТ по клиническим группам, M±SD**Table 2.** Baseline PACT questionnaire scores by clinical group, M±SD

Показатель / Parameter	ОО / Single-vision spectacles	ОНПД / OIPD	БМКЛ / Bifocal soft contact lenses	ОКЛ / Orthokeratology lenses	p
Шкала 1: очки / Scale 1: spectacles	21,5±4,0	21,9±4,4	13,0±7,0	13,7±9,9	<0,001
Шкала 2: МКЛ / Scale 2: soft contact lenses	9,6±8,8	8,6±8,5	22,1±4,1	1,0±8,3	<0,001
Шкала 3: ОКЛ / Scale 3: orthokeratology lenses	10,1±9,2	13,0±8,5	5,0±7,7	16,8±6,4	<0,001

Примечание. При анализе выхода ПАКТ группы ОО и ОНПД относятся к общему классу метода «очки».

Note. For the PACT output analysis, the single-vision spectacle and OIPD groups were combined into the "spectacles" category.

Таблица 3. Сохранность наблюдения в основных группах контроля миопии**Table 3.** Follow-up retention in the main myopia control groups

Показатель / Parameter	ОНПД / OIPD	БМКЛ / Bifocal soft contact lenses	ОКЛ / Orthokeratology lenses
Исходно, глаза / Baseline, eyes, n	124	92	178
Выбывание за 1-й год / 1st-year attrition, n/N (%)	33/124 (26,6)	8/92 (8,7)	0/178 (0)
Осталось после 1-го года / Remaining after year 1, n	91	84	178
Выбывание за 2-й год / 2nd-year attrition, n/N (%)	21/91 (23,1)	2/84 (2,4)	10/178 (5,6)
Осталось после 2-го года / Remaining after year 2, n	70	82	168

Примечание. Показатель выбывания рассчитан на уровне глаз и отражает число глаз, выбывших из дальнейшего анализа в рамках исходно выбранного метода коррекции.

Note. Attrition was calculated at the level of individual eyes and reflects the number of eyes excluded from further analysis within the initially selected correction method.

за 1-й год выбыло 8/92 глаза (8,7%), за 2-й год — 2/84 глаза (2,4%). В группе ОКЛ за 1-й год выбывание не отмечалось, за 2-й год выбыло 10/178 глаз (5,6%) (табл. 3).

Эффективность контроля миопии в группе ОНПД после первого года ношения составила 61,0%, в связи с этим часть пациентов, выбывших из исследования, были переведены на другие методы контроля миопии — ОКЛ и БМКЛ, эффективность которых составила 89,0 и 78,0% соответственно.

Обсуждение

Полученные данные показывают, что потенциальная приверженность пациента и его семьи является значимым компонентом персонализированного выбора метода контроля миопии. ПАКТ переводит субъективную оценку готовности к лечению в формализованный инструмент, позволяющий врачу до назначения метода сопоставить клинические показания, поведенческие особенности и вероятность соблюдения режима.

Наиболее важным результатом является статистически значимое различие баллов по трем шкалам ПАКТ между пациентами, фактически выбравшими соответствующие классы коррекции. Это подтверждает дискриминационную способность анкеты на этапе первичной клинической оценки. При этом связь баллов ПАКТ с фактическим выбором метода не следует трактовать как полностью независимую внешнюю валидацию, поскольку результаты анкеты учитывались врачом и семьей при принятии решения.

Группа ОНПД представляет интерес с позиции анализа приверженности в реальной клинической практике. Полученные результаты могут отражать совокупное влияние регулярности ношения, мотивации семьи, посещения контрольных визитов и готовности ребенка постоянно

использовать назначенную коррекцию. Более высокая стабильность использования БМКЛ и ОКЛ может быть связана с тем, что пациенты и родители, выбравшие контактные методы, изначально были психологически готовы к дисциплине, режиму ношения и уходу за линзами [6–14].

При использовании ПАКТ выполняется не только прогностическая, но и коммуникативная функция: заполнение анкеты помогает врачу заранее обсудить с семьей факторы риска низкой приверженности и выбрать метод, соответствующий повседневной жизни ребенка.

Ограничениями исследования являются отсутствие рандомизации, зависимость окончательного выбора метода от предпочтений пациента и семьи, использование результатов ПАКТ при выборе метода, а также представление показателей выбывания на уровне глаз в соответствии с исходной единицей клинического наблюдения. Наблюдательный дизайн исследования не позволяет делать причинно-следственные выводы о сравнительной эффективности отдельных методов контроля миопии. Дальнейшие исследования целесообразно направить на независимую валидацию ПАКТ, определение пороговых значений шкал и расширение инструмента на дополнительные методы контроля миопии.

Заключение

Применение ПАКТ позволяет до назначения метода формализованно оценивать потенциальную приверженность ребенка и его семьи основным классам оптического контроля миопии. Полученные данные подтверждают возможность применения анкеты в клинической практике для предварительной стратификации приверженности и персонализации выбора метода оптического контро-

ля миопии, однако дальнейшая независимая валидация необходима для уточнения пороговых значений шкал.

Использовать ПАКТ на первичном приеме ребенка с прогрессирующей миопией можно как инструмент предварительной стратификации приверженности. Она помогает врачу подобрать метод с учетом клинических показаний, мотивации пациента, возможностей семьи и вероятности длительного соблюдения рекомендаций, тем самым повышая персонализацию выбора метода оптического контроля миопии.

Литература / References

1. Мягков А.В., Поскребышева Ж.Н., Жабина О.А. и др. Эпидемиология миопии у детей Российской Федерации и анализ методов ее контроля. *The EYE ГЛАЗ*. 2021;23(2):7–18. DOI: 10.33791/2222-4408-2021-2-7-18
2. Myagkov A.V., Poskrebsheva Zh.N., Zhabina O.A. et al. Epidemiology of Myopia in Children of the Russian Federation and Analysis of Its Control Methods. *The EYE GLAZ*. 2021;23(2):7–18 (in Russ.). DOI: 10.33791/2222-4408-2021-2-7-18
3. Lam C.S.Y., Tang W.C., Lee P.H. et al. Myopia control effect of defocus incorporated multiple segments spectacle lens in Chinese children: results of a 3-year follow-up study. *Br J Ophthalmol*. 2022;106(8):1110–1114. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2020-317664
4. Chamberlain P., Peixoto-de-Matos S.C., Logan N.S. et al. A 3-year randomized clinical trial of MiSight lenses for myopia control. *Optom Vis Sci*. 2019;96(8):556–567. DOI: 10.1097/OPX.0000000000001410
5. Мягков А.В., Мягков Д.А. Оптические методы лечения прогрессирующей миопии. *The EYE ГЛАЗ*. 2023;25(2):151–162. DOI: 10.33791/2222-4408-2023-2-151-162
6. Myagkov A.V., Myagkov D.A. Optical methods for treatment of progressive myopia. *The EYE GLAZ*. 2023;25(2):151–162 (in Russ.). DOI: 10.33791/2222-4408-2023-2-151-162
7. Тарутта Е.П., Проскурина О.В., Маркосян Г.А. и др. Стратегически ориентированная концепция оптической профилактики возникновения и прогрессирования миопии. *Российский офтальмологический журнал*. 2020;13(4):7–16. DOI: 10.21516/2072-0076-2020-13-4-7-16
8. Tarutta E.P., Proskurina O.V., Markosian G.A. et al. Strategically oriented concept of optical prevention of onset and progression of myopia. *Russian Ophthalmological Journal*. 2020;13(4):7–16 (in Russ.). DOI: 10.21516/2072-0076-2020-13-4-7-16
9. Аветисов С.Э., Мягков А.В., Егорова А.В. и др. Результаты двухлетнего клинического исследования контроля миопии с помощью бифокальных мягких контактных линз с индуцированным дефокусом. *Вестник офтальмологии*. 2021;137(3):5–12. DOI: 10.17116/oftalma20211370315
10. Avetisov S.E., Myagkov A.V., Egorova A.V. et al. Results of a two-year clinical study of myopia control using bifocal soft contact lenses with induced defocus. *Vestnik Oftalmologii*. 2021;137(3):5–12 (in Russ.). DOI: 10.17116/oftalma20211370315
11. Мягков А.В., Зенкова Е.С. Пятилетняя динамика аксиальной элонгации и рефракционных ошибок у пользователей бифокальных мягких контактных линз с высокой аддидацией. *The EYE ГЛАЗ*. 2024;26(4):229–238. DOI: 10.33791/2222-4408-2024-4-229-238
12. Myagkov A.V., Zenkova E.S. Five-year dynamics of axial elongation and refractive errors in users of high-addition bifocal soft contact lenses. *The EYE GLAZ*. 2024;26(4):229–238 (in Russ.). DOI: 10.33791/2222-4408-2024-4-229-238
13. Тарутта Е.П., Милаш С.В., Епишина М.В. Периферическая рефракция, волновой фронт глаза и зрительная работоспособность при коррекции миопии у детей бифокальными мягкими контактными линзами с большой аддидацией. *Офтальмология*. 2021;18(3):518–526. DOI: 10.18008/1816-5095-2021-3-518-526
14. Tarutta E.P., Milash S.V., Epishina M.V. Peripheral refraction, ocular wavefront and visual performance during myopia correction in children with high-addition bifocal soft contact lenses. *Ophthalmology in Russia*. 2021;18(3):518–526 (in Russ.). DOI: 10.18008/1816-5095-2021-3-518-526
15. Тарутта Е.П., Милаш С.В., Епишина М.В. Динамика параметров аккомодации у детей при коррекции миопии бифокальными мягкими контактными линзами с высокой аддидацией. *The EYE ГЛАЗ*. 2021;23(1):7–14. DOI: 10.33791/2222-4408-2021-1-7-14
16. Tarutta E.P., Milash S.V., Epishina M.V. Dynamics of accommodation parameters in children during myopia correction with high-addition bifocal soft contact lenses. *The EYE GLAZ*. 2021;23(1):7–14 (in Russ.). DOI: 10.33791/2222-4408-2021-1-7-14
17. Liu Y.L., Lin K.K., Cheng L.S. et al. Efficacy of multifocal soft contact lenses in reducing myopia progression among Taiwanese schoolchildren: a randomized paired-eye clinical trial. *Ophthalmol Ther*. 2024;13(2):541–552. DOI: 10.1007/s40123-023-00859-x
18. Cho P., Cheung S.W. Retardation of myopia in Orthokeratology (ROMIO) study: a 2-year randomized clinical trial. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2012;53(11):7077–7085. DOI: 10.1167/iovs.12-10565
19. VanderVeen D.K., Kraker R.T., Pineles S.L. et al. Use of orthokeratology for the prevention of myopic progression in children: a report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology*. 2019;126(4):623–636. DOI: 10.1016/j.ophtha.2018.11.026
20. Bullimore M.A., Richdale K. Myopia control 2020: where are we and where are we heading? *Ophthalmic Physiol Opt*. 2020;40(3):254–270. DOI: 10.1111/opo.12686
21. Bullimore M.A. The safety of soft contact lenses in children. *Optom Vis Sci*. 2017;94(6):638–646. DOI: 10.1097/OPX.0000000000001078

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Юсеф Наим Юсеф — д.м.н., профессор, директор ФГБНУ «НИИГБ им. М.М. Краснова»; 119021, Россия, г. Москва, ул. Россолимо, д. 11А, Б; ORCID iD 0000-0003-4043-456X

Мягков Даниил Александрович — врач-офтальмолог, аспирант кафедры офтальмологии ФГБНУ «НИИГБ им. М.М. Краснова»; 119021, Россия, г. Москва, ул. Россолимо, д. 11А, Б; ORCID iD 0009-0000-1987-5737

Чудинова Валерия Ильинична — врач-офтальмолог, научный сотрудник отдела контроля миопии АНО «НИМ»; 127486, Россия, г. Москва, ул. Дегунинская, д. 7, помещ. 1Н; ORCID iD 0009-0001-4563-3069

Хомяков Сергей Геннадьевич — д.м.н., врач-офтальмолог, доцент кафедры офтальмологии ФГБНУ «НИИГБ им. М.М. Краснова»; 119021, Россия, г. Москва, ул. Россолимо, д. 11А, Б; ORCID iD 0009-0007-3320-5669

Мягков Александр Владимирович — д.м.н., профессор, директор АНО «НИМ»; 127486, Россия, г. Москва, ул. Дегунинская, д. 7, помещ. 1Н; ORCID iD 0000-0002-4130-4815

Контактная информация: Мягков Даниил Александрович, e-mail: doc.myagkov@gmail.com

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах.

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 29.06.2026.

Поступила после рецензирования 17.07.2026.

Принята в печать 30.07.2026.

ABOUT THE AUTHORS:

Yusef N. Yusef — Dr. Sc. (Med.), Professor, Director of the M.M. Krasnov Research Institute of Eye Diseases; 11A, B, Rossolimo str., Moscow, 119021, Russian Federation; ORCID iD 0000-0003-4043-456X

Daniil A. Myagkov — ophthalmologist, postgraduate student at the Department of Ophthalmology, M.M. Krasnov Research Institute of Eye Diseases; 11A, B, Rossolimo str., Moscow, 119021, Russian Federation; ORCID iD 0009-0000-1987-5737

Valeriya I. Chudinova — ophthalmologist, researcher of the Myopia Control Department, National Institute of Myopia; 7, build. 1N, Deguninskaya str., Moscow, 127486, Russian Federation; ORCID iD 0009-0001-4563-3069

Sergey G. Khomyakov — Dr. Sc. (Med.), ophthalmologist, Associate Professor of the Department of Ophthalmology, M.M. Krasnov Research Institute of Eye Diseases; 11A, B, Rossolimo str., Moscow, 119021, Russian Federation; ORCID iD 0009-0007-3320-5669

Alexander V. Myagkov — Dr. Sc. (Med.), Professor, Director of the Myopia Control Department, National Institute of Myopia; 7, build. 1N, Deguninskaya str., Moscow, 127486, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-4130-4815

Contact information: Daniil A. Myagkov, e-mail: doc.myagkov@gmail.com

Financial Disclosure: no authors have a financial or property interest in any material or method mentioned.

There is no conflict of interest.

Received 29.06.2026.

Revised 17.07.2026.

Accepted 30.07.2026.

DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-4

Морфометрические изменения сетчатки и хориоидеи у пациентов с хронической сердечной недостаточностью с сохраненной фракцией выброса по данным спектральной оптической когерентной томографии

А.М. Фролов¹, Ф.Т. Дулани^{1,2}, М.А. Фролов¹, О.И. Оренбуркина^{1,3}, Ю.Г. Копченова^{1,2}, И.В. Воробьева¹, Д.В. Вейберт¹

¹Российский университет дружбы народов, Москва, Российская Федерация

²ГБУЗ «МКНИЦ Больница 52 ДЗМ», Москва, Российская Федерация

³ФГБУ «ВЦГПХ» Минздрава России, Уфа, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Введение: хроническая сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса (ХСНсФВ) характеризуется системной эндотелиальной дисфункцией и микрососудистым ремоделированием. Сетчатка и хориоидея, доступные для ранней неинвазивной визуализации с помощью оптической когерентной томографии (ОКТ), могут отражать выраженность этих патологических изменений.

Цель исследования: оценка морфометрических параметров сетчатки и хориоидеи, полученных с помощью спектральной ОКТ у пациентов с ХСНсФВ, и анализ их взаимосвязи с функциональным классом тяжести сердечной недостаточности по классификации Нью-Йоркской ассоциации сердца (НУНА).

Материал и методы: в исследование включены 32 пациента с верифицированным диагнозом ХСНсФВ (61 глаз) и 30 здоровых участников (60 глаз), сопоставимых по возрасту и полу. Пациенты с ХСНсФВ были разделены на подгруппы согласно функциональному классу (ФК) по НУНА: I ФК — 10 пациентов (20 глаз), II ФК — 13 пациентов (23 глаза), III ФК — 9 пациентов (18 глаз). Всем пациентам выполнена спектральная ОКТ на приборе DRI OCT Triton (Торсон, Япония) по протоколам «3D:Macula (H) 512×256» и «3D:WIDE (H) 12.0×9.0 mm». Оценивали показатели толщины сетчатки (центральной, средней), общий объем сетчатки, толщины хориоидеи в различных зонах (субфовеолярной, пара- и перифовеолярной, перипапиллярной), а также толщины слоя нервных волокон сетчатки (СНВС) в макулярной и перипапиллярной областях.

Результаты исследования: при межгрупповом сравнении у пациентов с ХСНсФВ выявлено статистически значимое истончение хориоидеи в нижнем парафовеолярном секторе ($p=0,045$), в нижнем перифовеолярном секторе ($p=0,027$), а также перипапиллярной хориоидеи в верхнем ($p=0,038$), нижнем ($p=0,018$) и носовом ($p=0,003$) секторах. Зафиксировано достоверное снижение толщины СНВС в парафовеолярной зоне (верхний, нижний, носовой секторы; $p<0,05$) и перифовеолярной зоне (верхний сектор, $p=0,009$). При внутргрупповом анализе отмечено прогрессирующее снижение средней толщины сетчатки (с 284,4 до 251,0 мкм, $p=0,005$) и общего объема сетчатки (с 8,09 до 7,22 мм³, $p=0,005$) от I к III ФК. Наиболее выраженные изменения толщины хориоидеи наблюдались у пациентов с III ФК — средняя перифовеолярная толщина хориоидеи у них составила 120,9±47,1 мкм против 204,1±14,1 мкм в группе I ФК ($p=0,007$). Умеренные отрицательные корреляции ($p<0,05$) установлены между ФК ХСН и средней толщиной сетчатки ($\rho=-0,468$), общим объемом сетчатки ($\rho=-0,468$), толщиной хориоидеи (ρ от -0,285 до -0,370) и толщиной СНВС в перипапиллярной зоне ($\rho=-0,333$ и -0,433).

Заключение: ХСНсФВ ассоциируется со структурным ремоделированием хориоидеи и СНВС, выраженность которого нарастает по мере увеличения ФК сердечной недостаточности. Полученные данные подтверждают наличие системной микрососудистой дисфункции при ХСНсФВ и демонстрируют потенциал ОКТ-параметров в качестве неинвазивных ранних биомаркеров тяжести заболевания.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: оптическая когерентная томография, хроническая сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса, ХСНсФВ, толщина хориоидеи, слой нервных волокон, функциональный класс НУНА.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Фролов А.М., Дулани Ф.Т., Фролов М.А., Оренбуркина О.И., Копченова Ю.Г., Воробьева И.В., Вейберт Д.В. Морфометрические изменения сетчатки и хориоидеи у пациентов с хронической сердечной недостаточностью с сохраненной фракцией выброса по данным спектральной оптической когерентной томографии. Клиническая офтальмология. 2026;26(3):223–230. DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-4

Retinal and choroidal morphometric changes in patients with heart failure with preserved ejection fraction assessed by spectral-domain optical coherence tomography

A.M. Frolov¹, F.T. Dulani^{1,2}, M.A. Frolov¹, O.I. Orenburkina^{1,3}, Yu.G. Kopchenova^{1,2}, I.V. Vorobyeva¹, D.V. Veybert¹

¹RUDN University, Moscow, Russian Federation

²Moscow Clinical Science and Research Center 52, Moscow, Russian Federation

³Russian Center for Eye and Plastic Surgery, Ufa, Russian Federation

ABSTRACT

Background: heart failure with preserved ejection fraction (HFpEF) is characterized by systemic endothelial dysfunction and microvascular remodeling. The retina and choroid, which can be evaluated noninvasively using optical coherence tomography (OCT), may serve as sensitive indicators of these pathological changes.

Aim: to evaluate retinal and choroidal morphometric parameters obtained by spectral-domain OCT in patients with HFpEF and to investigate their association with heart failure severity according to the New York Heart Association (NYHA) functional classification.

Materials and Methods: the study included 32 patients with a confirmed diagnosis of HFpEF (61 eyes) and 30 healthy participants (60 eyes) matched for age and sex. Patients with HFpEF were stratified according to the NYHA functional class (FC): class I — 10 patients (20 eyes), class II — 13 patients (23 eyes), and class III — 9 patients (18 eyes). All participants underwent spectral-domain OCT using the DRI OCT Triton system (Topcon, Japan) with the "3D:Macula (H) 512×256" and "3D:WIDE (H) 12.0×9.0 mm" scanning protocols. The following parameters were assessed: central and mean retinal thickness, total retinal volume, choroidal thickness in the subfoveal, parafoveal, perifoveal, and peripapillary areas, as well as retinal nerve fiber layer (RNFL) thickness in the macular and peripapillary areas.

Results: compared with healthy participants, patients with HFpEF demonstrated significant choroidal thinning in the inferior parafoveal sector ($p=0.045$), inferior perifoveal sector ($p=0.027$), and in the superior ($p=0.038$), inferior ($p=0.018$), and nasal ($p=0.003$) sectors of the peripapillary choroid. Significant thinning of the RNFL was also observed in the parafoveal region (superior, inferior, and nasal sectors; $p<0.05$) and in the superior perifoveal sector ($p=0.009$). Intragroup analysis demonstrated a progressive decline in mean retinal thickness (from 284.4 to 251.0 μm , $p=0.005$) and total retinal volume (from 8.09 to 7.22 mm^3 , $p=0.005$) from NYHA FC I to FC III. The most pronounced choroidal changes were observed in patients with NYHA FC III, in whom the mean perifoveal choroidal thickness was $120.9\pm47.1\ \mu\text{m}$ compared with $204.1\pm14.1\ \mu\text{m}$ in patients with NYHA FC I ($p=0.007$). Moderate negative correlations ($p<0.05$) were found between NYHA FC and mean retinal thickness ($\rho=-0.468$), total retinal volume ($\rho=-0.468$), choroidal thickness (ρ ranging from -0.285 to -0.370), and peripapillary RNFL thickness ($\rho=-0.333$ and -0.433).

Conclusion: HFpEF is associated with structural remodeling of the choroid and RNFL, with the severity of these changes increasing in parallel with worsening NYHA FC. These findings support the presence of systemic microvascular dysfunction in HFpEF and highlight the potential of OCT-derived parameters as early, noninvasive biomarkers of disease severity.

KEYWORDS: optical coherence tomography, heart failure with preserved ejection fraction, HFpEF, choroidal thickness, retinal nerve fiber layer, NYHA functional class.

FOR CITATION: Frolov A.M., Dulani F.T., Frolov M.A., Orenburkina O.I., Kopchenova Yu.G., Vorobyeva I.V., Veybert D.V. Retinal and choroidal morphometric changes in patients with heart failure with preserved ejection fraction assessed by spectral-domain optical coherence tomography. *Russian Journal of Clinical Ophthalmology*. 2026;26(3):223–230 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-4

ВВЕДЕНИЕ

Хроническая сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса (ХСНсФВ) — гетерогенный клинический синдром, возникающий при сложном взаимодействии коморбидных состояний, которые запускают системное воспаление, эндотелиальную дисфункцию и ремоделирование микрососудистого русла [1, 2]. При ХСН со сниженной фракцией выброса страдает преимущественно систолическая функция, тогда как при ХСНсФВ левый желудочек (ЛЖ) долго сохраняет способность к нормальному сокращению. Развитие диастолической дисфункции, повышение жесткости миокарда и нарушение перфузии сосудов на периферии формируют порочный круг, в результате которого тканевая гипоперфузия неуклонно прогрессирует [3]. Сетчатка и хориоидея отличаются высокой метаболической активностью, автономной, но строго регулируемой гемодинамикой, их эмбриональное происхождение и механизмы ауторегуляции сходны с таковыми у церебральных и коронарных сосудов [4, 5]. Эти особенности превращают их в чувствительный индикатор генерализованных сердечно-сосудистых нарушений. J. Weerts et al. [6] в исследовании с применением оптической когерентной томографии-ангиографии (ОКТ-А) установили, что у пациентов с ХСНсФВ плотность сосудов в макулярной зоне была статистически значимо снижена по сравнению с контрольной группой (КГ) из здоровых лиц ($p<0,001$), а слой ганглиозных клеток и внутренний плексиформный слой истончены ($p=0,025$), также выраженность ретиальных изменений коррелировала с маркерами диастолической дисфункции. Полученные данные подтверждают концепцию глаза как «окна» в системную микроциркуляцию при ХСНсФВ. Микроциркуляторные нарушения неизбежно влекут за собой такие структурные последствия,

как атрофия нейроэпителия, ремоделирование хориоидеи и уменьшение объема сетчатки. У данной категории больных подобные изменения остаются малоизученными. Морфометрические параметры, получаемые по стандартным протоколам спектральной оптической когерентной томографии (ОКТ), позволяют количественно оценить толщину отдельных слоев сетчатки, объем макулярной области, толщину хориоидеи и перипапиллярного слоя нервных волокон сетчатки (СНВС). Эти морфометрические показатели сетчатки и хориоидеи в последние годы привлекают внимание исследователей как потенциальные биомаркеры системных сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ). В систематическом обзоре и метаанализе А.С. Rusu et al. [7] продемонстрировали, что у пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) по сравнению с КГ наблюдается статистически значимое истончение СНВС (взвешенная разница средних (WMD) — $-3,11\ \text{мкм}$, 95% доверительный интервал (ДИ) от $-6,06$ до $-0,16$); субфовеолярной толщины хориоидеи (WMD $-58,79\ \text{мкм}$, 95% ДИ от $-64,65$ до $-52,93$) и общей толщины сетчатки (WMD $-4,61\ \text{мкм}$, 95% ДИ от $-7,05$ до $-2,17$). Данные результаты позволяют рассматривать параметры структуры и микроциркуляции сетчатки и хориоидеи в качестве потенциальных неинвазивных биомаркеров коронарной дисфункции. Артериальная гипертензия (АГ), выступающая основным этиологическим фактором ХСНсФВ, сопровождается аналогичными изменениями, как показал метаанализ К.А. Parathanasiou et al. [8], — достоверным уменьшением толщины хориоидеи у гипертонзивных пациентов относительно нормотонзивных лиц (средняя разница $0,77$, 95% ДИ от $1,20$ до $-0,34$, $p=0,0004$). В крупномасштабном исследовании UK Biobank с участием более 26 000 человек, проведенном Y. Peng et al. [9], выявлена независимая ассоциация между снижением цен-

тральной толщины сетчатки и нейроретинальных слоев (комплекса ганглиозных клеток СНВС) с ухудшением показателей сердечно-сосудистого здоровья по шкале Life's Essential 8 Американской кардиологической ассоциации. В обзоре S.C. Yeung et al. [10] указывается, что изменения толщины хориоидеи зафиксированы при широком спектре кардиоваскулярной патологии, в том числе при ХСН, хотя данные требуют дальнейшего изучения. H.S. Kanar et al. [11] обнаружили достоверное истончение субфовеолярной хориоидеи и перипапиллярного СНВС у пациентов с феноменом замедления коронарного кровотока (проявлением микрососудистой дисфункции) по сравнению с КГ здоровых лиц. Морфометрические изменения сетчатки и хориоидеи именно при ХСНсФВ, в отличие от микрососудистых показателей, оцениваемых методом ОКТ-А, остаются малоизученными, что определяет актуальность настоящего исследования.

Цель исследования: оценка морфометрических параметров сетчатки и хориоидеи, полученных с помощью спектральной ОКТ у пациентов с ХСНсФВ, и анализ их взаимосвязи с функциональным классом тяжести СН по классификации Нью-Йоркской ассоциации сердца (НУНА).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В исследование были включены 32 пациента (исследуемая группа) с верифицированным диагнозом ХСНсФВ (61 глаз) и 30 здоровых лиц КГ (60 глаз). Группы были сопоставимы по возрасту и полу, медиана (Ме) возраста в исследуемой группе составила 66 [58; 73] лет, в КГ — 64 [57; 71] года ($p=0,62$); в исследуемой группе мужчин было 14 (43,75%), женщин — 18 (56,25%), в КГ — 14 (46,67%) мужчин и 16 (53,3%) женщин ($p=0,81$). Диагноз ХСНсФВ был установлен врачом-кардиологом на основании клинических рекомендаций, результатов эхокардиографии и с использованием шкалы H2FPEF (валидированная шкала для диагностики ХСНсФВ, разработанная Y.N.V. Reddy et al. [12]). Средний балл по шкале H2FPEF составил $6,9 \pm 0,9$, что соответствует высокой вероятности диагноза ($>90\%$). Среднее значение ФВ ЛЖ составило $59,0 \pm 3,8\%$. Распределение пациентов по функциональному классу (ФК) согласно классификации НУНА было следующим: I ФК — 10 (31,2%) пациентов (20 глаз), II ФК — 13 (40,6%) пациентов (23 глаза), III ФК — 9 (28,1%) пациентов (18 глаз).

У всех пациентов исследуемой группы с ХСНсФВ была диагностирована АГ. Среди сопутствующих ССЗ были выявлены: дислипидемия — у 24 (75%) пациентов, различные формы нарушений ритма и проводимости — у 20 (62,5%), ИБС — у 10 (31,3%), хроническая болезнь почек (ХБП) — у 6 (18,8%). Все пациенты получали комплексную кардиотропную терапию согласно назначениям кардиолога, включавшую ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента (иАПФ), β -адреноблокаторы и статины (100% случаев), а также антикоагулянты/антиагреганты (90,6% случаев) (табл. 1).

Критериями исключения являлись: наличие сахарного диабета, глаукомы любого генеза, возрастной макулярной дегенерации, помутнений оптических сред, препятствующих качественной визуализации, патологии витреомакулярного интерфейса, генетических заболеваний сетчатки, аметропии средней или высокой степени (сферический эквивалент $>\pm 3,0$ дптр).

Таблица 1. Клинико-демографическая характеристика исследуемых групп

Table 1. Clinical and demographic characteristics of the study groups

Показатель Parameter	Исследуемая группа / Study group (n=32)	КГ / Control group (n=30)	p
Возраст, годы / Age, years, Me [Q1; Q3]	66 [58; 73]	64 [57; 71]	0,62
Пол / Sex мужской / male, n (%) женский / female, n (%)	14 (43,75) 18 (56,25)	14 (46,67) 16 (53,3)	0,81
ФК по НУНА / NYHA FC: I, n (%) II, n (%) III, n (%)	10 (31,2) 13 (40,6) 9 (28,1)	— — —	—
Шкала H2FPEF, баллы / H2FPEF score, points, M $\pm$ SD	6,9 $\pm$ 0,9	—	—
ФВ ЛЖ / Left ventricular ejection fraction (LVEF), %, M $\pm$ SD	59,0 $\pm$ 3,8	—	—
АГ / Arterial hypertension, n (%)	32 (100)	—	—
Дислипидемия / Dyslipidemia, n (%)	24 (75,0)	—	—
Нарушения ритма и проводимости / Cardiac arrhythmias and conduction disorders, n (%)	20 (62,5)	—	—
ИБС / Coronary artery disease (CAD), n (%)	10 (31,3)	—	—
ХБП / Chronic kidney disease (CKD), n (%)	6 (18,8)	—	—

Контрольная группа состояла из здоровых лиц без установленных сердечно-сосудистых и офтальмологических заболеваний.

Всем участникам исследования, помимо стандартного офтальмологического обследования, была выполнена ОКТ на томографе DRI OCT Triton (Topcon, Япония), с использованием протоколов:

- «3D:Macula (H) 512 $\times$ 256» — в автоматическом режиме оценивали показатели центральной толщины сетчатки (ЦТС), средней толщины сетчатки (СТС), общего объема сетчатки (ООС), субфовеолярной (СфТХ), парамакулярной (ПараТХ) и перимакулярной (ПериТХ) толщины хориоидеи, а также средней толщины хориоидеи (СрТХ) в центральной зоне. Зоны разграничивали автоматически сеткой ETDRS;

- «3D:WIDE (H) 12.0 $\times$ 9.0 mm» — оценивали показатели толщины СНВС в фовеа (СНВС фовеа), парамакулярной (ПараСНВС) и перимакулярной (ПериСНВС) зонах (разграничены автоматически сеткой ETDRS), в перипапиллярной зоне (ПпСНВС), а также перипапиллярной толщины хориоидеи (ПпТХ).

Количественные показатели оценивали на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Колмогорова — Смирнова. Данные с нормальным распределением описывали как среднее арифметическое и стандартное отклонение ($M \pm SD$), данные с распределением, отличным от нормального, — как медиана и межквартильный размах (Me [Q1; Q3]). Сравнение двух

независимых групп выполняли с помощью t-критерия Стьюдента или U-критерия Манна — Уитни. Сравнение трех и более групп проводили с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) или критерия Краскела. Для выявления взаимосвязей между полученными данными рассчитывали коэффициент корреляции Спирмена. Анализ полученных значений коэффициента проводили с использованием шкалы Чеддока. Силу корреляционной связи по шкале Чеддока оценивали как слабую при $|r|=0,1-0,3$; умеренную — при $|r|=0,3-0,5$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На первом этапе исследования был выполнен сравнительный анализ морфометрических параметров сетчатки и хориоидеи между исследуемой группой и КГ. При анализе параметров, полученных по протоколу «3D:Macula (H)», статистически значимых различий между группами по показателям ЦТС, СТС и ООС зарегистрировано не было ($p>0,05$ для всех сравнений). Напротив, при оценке толщины хориоидеи был выявлен ряд статистически значимых межгрупповых различий, носивших преимущественно секторальный характер. В парамакулярной зоне наиболее выраженные изменения зафиксированы в нижнем секторе (ПараТХ (I)), где ее толщина была достоверно ниже, чем в КГ ($p=0,045$). Аналогичная картина отмечена в перимакулярной зоне: в нижнем секторе (ПериТХ (I)) хориоидея у пациентов исследуемой группы была значимо тоньше, чем в КГ ($p=0,027$). СфТХ демонстрировала тенденцию к снижению, не достигшую порога статистической значимости ($p=0,175$) (табл. 2).

По данным протокола «3D:WIDE (H)» наиболее выраженные изменения в исследуемой группе зарегистрированы со стороны СНВС и ПпТХ. Толщина СНВС в верхнем перифовеолярном секторе (ПериСНВС (S)) была достоверно

меньше по сравнению с КГ ($p=0,009$). ПпТХ была значимо снижена в верхнем, нижнем и носовом секторах ($p=0,038$, $p=0,018$ и $p=0,003$ соответственно), тогда как в темпоральном секторе статистически значимых различий обнаружено не было ($p=0,088$) (табл. 3).

Внутригрупповой анализ продемонстрировал статистически значимое прогрессирующее снижение ряда морфометрических показателей по мере нарастания ФК. СТС достоверно уменьшалась от I к III ФК ($p=0,005$), при этом значимые различия сохранялись как между III и I ФК ($p=0,005$), так и между III и II ФК ($p=0,030$). Аналогичная динамика выявлена для ООС, прогрессивно снижавшегося от I к III ФК ($p=0,005$; различие I–III ФК $p=0,004$). Наиболее выраженные изменения зарегистрированы при оценке толщины хориоидеи: средняя перифовеолярная толщина хориоидеи (Ср.ПериТХ) в подгруппе III ФК была достоверно ниже, чем при I ФК ($p=0,007$) и II ФК ($p=0,019$). Среди параметров ПпСНВС наиболее выраженные различия в зависимости от ФК установлены в верхнем, нижнем и носовом секторах ($p=0,046$, $p=0,003$ и $p=0,007$ соответственно) (табл. 4).

С целью установления взаимосвязи между тяжестью ХСН и морфометрическими показателями был выполнен корреляционный анализ с вычислением коэффициента ранговой корреляции Спирмена (ρ). Установлены статистически значимые отрицательные корреляционные связи между ФК ХСН и СТС ($p<0,001$), ООС ($p<0,001$), парафовеолярной толщиной хориоидеи в височном секторе (ПараТХ (T)) ($p=0,027$), а также в верхнем ($p=0,018$), нижнем ($p=0,025$), височном ($p=0,009$) и носовом ($p=0,047$) секторах ПериТХ и Ср.ПериТХ ($p=0,017$). Среди параметров СНВС значимые корреляции с ФК ХСН выявлены для ПериСНВС в верхнем и носовом секторах ($p=0,019$, $p=0,002$ соответственно). Сила выявленных связей варьировала от слабой до умеренной (табл. 5).

Таблица 2. Результаты анализа показателей, полученных по протоколу «3D:Macula (H) 512×256»

Table 2. Analysis of parameters obtained using the “3D:Macula (H) 512×256” protocol

Показатель / Parameter	Исследуемая группа / Study group (n=61)	КГ / Control group (n=60)	p
ЦТС / CRT, μ , Me [Q1; Q3]	188,00 [174,00; 204,00]	192,00 [173,00; 204,00]	0,749
СТС / MRT, μ , M $\pm$ SD	267,59 $\pm$ 15,56	266,50 $\pm$ 8,54	0,694
ООС, мм ³ / TRV, mm ³ , M $\pm$ SD	7,57 $\pm$ 0,44	7,53 (0,24)	0,690
СфТХ / SfCT, μ , Me [Q1; Q3]	185,00 [147,00; 252,00]	221,00 [166,00; 310,00]	0,175
ПараТХ (S) / ParaCT (S), μ , M $\pm$ SD	209,51 $\pm$ 72,80	222,89 $\pm$ 65,66	0,430
ПараТХ (I) / ParaCT (I), μ , Me [Q1; Q3]	172,00 [119,00; 245,00]	203,00 [143,50; 320,50]	0,045
ПараТХ (T) / ParaCT (T), μ , Me [Q1; Q3]	181,00 [142,00; 243,00]	213,00 [165,50; 307,50]	0,119
ПараТХ (N) / ParaCT (N), μ , Me [Q1; Q3]	174,00 [137,00; 259,00]	216,00 [152,50; 293,00]	0,184
ПериТХ (S) / PeriCT (S), μ , Me [Q1; Q3]	202,00 [152,00; 269,00]	221,00 [172,50; 272,00]	0,412
ПериТХ (I) / PeriCT (I), μ , M $\pm$ SD	176,00 $\pm$ 79,97	219,96 $\pm$ 84,32	0,027
ПериТХ (T) / PeriCT (T), μ , M $\pm$ SD	183,14 $\pm$ 69,32	212,48 $\pm$ 67,19	0,078
ПериТХ (N) / PeriCT (N), μ , Me [Q1; Q3]	149,00 [102,00; 194,00]	180,00 [107,00; 241,00]	0,147

Примечание. n — количество глаз; S — верхний квадрант, I — нижний квадрант, T — височный квадрант, N — носовой квадрант.

Note. n — number of eyes, CRT — central retinal thickness, MRT — mean retinal thickness, TRV — total retinal volume, SfCT — subfoveal choroidal thickness, ParaCT — parafoveal choroidal thickness, PeriCT — perifoveal choroidal thickness, S — superior quadrant, I — inferior quadrant, T — temporal quadrant, N — nasal quadrant.

Таблица 3. Результаты анализа показателей, полученных по протоколу «3D:WIDE (H) 12.0x9.0 mm»**Table 3.** Analysis of parameters obtained using the “3D:WIDE (H) 12.0x9.0 mm” protocol

Показатель / Parameter	Исследуемая группа / Study group (n=61)	КГ / Control group (n=60)	p
СНВС фовеа / RNFL fovea, μ , M $\pm$ SD	8,67 $\pm$ 3,67	8,37 $\pm$ 3,19	0,720
ПараСНВС (S) / ParaRNFL (S), μ , Me [Q1; Q3]	27,00 [27,00; 30,50]	29,00 [27,00; 31,00]	0,250
ПараСНВС (I) / ParaRNFL (I), μ , Me [Q1; Q3]	30,00 [28,00; 31,00]	29,00 [27,00; 31,00]	0,279
ПараСНВС (T) / ParaRNFL (T), μ , Me [Q1; Q3]	23,00 [22,00; 24,00]	23,00 [22,00; 24,00]	0,873
ПараСНВС (N) / ParaRNFL (N), μ , Me [Q1; Q3]	26,00 [25,00; 27,50]	26,00 [24,00; 28,00]	0,685
ПериСНВС (S) / PeriRNFL (S), μ , M $\pm$ SD	38,70 $\pm$ 2,74	41,49 $\pm$ 6,27	0,009
ПериСНВС (I) / PeriRNFL (I), μ , Me [Q1; Q3]	41,00 [38,00; 43,00]	41,00 [39,50; 41,50]	0,552
ПериСНВС (T) / PeriRNFL (T), μ , Me [Q1; Q3]	24,00 [23,00; 25,00]	24,00 [23,00; 25,00]	0,830
ПериСНВС (N) / PeriRNFL (N), μ , Me [Q1; Q3]	53,00 [47,00; 56,00]	51,00 [47,00; 53,00]	0,260
ПпСНВС (S) / PRNFL (S), μ , M $\pm$ SD	118,80 $\pm$ 18,22	120,22 $\pm$ 12,81	0,720
ПпСНВС (I) / PRNFL (I), μ , Me [Q1; Q3]	127,00 [112,00; 143,00]	124,00 [122,50; 129,00]	0,441
ПпСНВС (T) / PRNFL (T), μ , Me [Q1; Q3]	80,00 [69,00; 88,00]	73,00 [71,00; 77,50]	0,133
ПпСНВС (N) / PRNFL (N), μ , Me [Q1; Q3]	78,00 [66,00; 87,00]	71,00 [65,50; 82,00]	0,460
ПпТХ (S) / PCT (S), μ , Me [Q1; Q3]	112,00 [77,00; 156,00]	158,00 [95,00; 214,00]	0,038
ПпТХ (I) / PCT (I), μ , Me [Q1; Q3]	73,00 [51,00; 111,00]	117,00 [71,00; 175,00]	0,018
ПпТХ (T) / PCT (T), μ , Me [Q1; Q3]	105,00 [67,00; 142,00]	146,00 [61,00; 175,00]	0,088
ПпТХ (N) / PCT (N), μ , Me [Q1; Q3]	103,00 [71,00; 137,00]	147,00 [130,00; 170,00]	0,003

Примечание. n — количество глаз.

Note. n — number of eyes, RNFL — retinal nerve fiber layer thickness, ParaRNFL — parafoveal RNFL, PeriRNFL — perfoveal RNFL, PRNFL — peripapillary RNFL, PCT — peripapillary choroidal thickness.

Таблица 4. Результаты внутригруппового анализа исследуемой группы в зависимости от ФК согласно классификации NYHA**Table 4.** Results of the subgroup analysis according to NYHA functional class (FC)

Показатель / Parameter	ФК I, n=10 (20 глаз) FC I, n=10 (20 eyes)	ФК II, n=13 (23 глаза) FC II, n=13 (23 eyes)	ФК III, n=9 (18 глаз) FC III n=9 (18 eyes)	p
СТС / MRT, μ , Me [Q1; Q3]	284,40 [277,50; 292,90]	270,30 [258,80; 278,25]	251,00 [250,25; 256,45]	0,005 I–II=0,005 II–III=0,030
ООС, мм ³ / TRV, mm ³ , M $\pm$ SD	8,09 $\pm$ 0,48	7,57 $\pm$ 0,42	7,22 $\pm$ 0,26	0,005 I–II=0,004
ПараТХ (I) / ParaCT (I), μ , M $\pm$ SD	180,75 $\pm$ 32,22	195,00 $\pm$ 94,52	120,43 $\pm$ 43,94	0,021 II–III=0,010
ПараТХ (T) / ParaCT (T), μ , Me [Q1; Q3]	211,50 [194,50; 226,25]	207,00 [137,25; 253,50]	150,00 [115,50; 156,00]	0,046 II–III=0,046
Ср ПараТХ, / Mean ParaCT, μ , M $\pm$ SD	203,19 $\pm$ 20,56	204,43 $\pm$ 79,43	139,39 $\pm$ 46,57	0,022 I–II=0,030 II–III=0,026
ПериТХ (I) / PeriCT (I), μ , M $\pm$ SD	199,75 $\pm$ 36,75	185,08 $\pm$ 82,72	113,14 $\pm$ 52,77	0,025 I–II=0,029 II–III=0,028
ПериТХ (T) / PeriCT (T), μ , M $\pm$ SD	210,50 $\pm$ 27,77	192,71 $\pm$ 70,06	115,57 $\pm$ 37,27	0,002 I–II=0,003 II–III=0,002

Окончание таблицы 4

Table 4 (continued)

Показатель Parameter	ФК I, n=10 (20 глаз) FC I, n=10 (20 eyes)	ФК II, n=13 (23 глаза) FC II, n=13 (23 eyes)	ФК III, n=9 (18 глаз) FC III n=9 (18 eyes)	p
ПериТХ (N) / PeriCT (N), μ , M $\pm$ SD	165,50 $\pm$ 19,00	162,71 $\pm$ 77,27	104,57 $\pm$ 49,76	0,040 I-III=0,046
Ср.ПериТХ / Mean PeriCT, μ , M $\pm$ SD	204,06 $\pm$ 14,10	188,97 $\pm$ 69,25	120,86 $\pm$ 47,13	0,003 I-III=0,007 II-III=0,019
ПлСНВС (S) / PRNFL (S), μ , Me [Q1; Q3]	126,00 [123,50; 128,00]	123,50 [106,25; 132,50]	102,00 [102,00; 114,00]	0,046
ПлСНВС (I) / PRNFL (I), μ , M $\pm$ SD	142,75 $\pm$ 8,02	129,26 $\pm$ 23,15	114,57 $\pm$ 11,97	0,003 I-III=0,003
ПлСНВС (T) / PRNFL (T), μ , M $\pm$ SD	77,25 $\pm$ 7,63	78,21 $\pm$ 16,23	75,14 $\pm$ 4,88	0,646
ПлСНВС (N) / PRNFL (N), μ , Me [Q1; Q3]	96,00 [91,00; 101,25]	76,50 [66,25; 84,00]	61,00 [58,50; 78,00]	0,007 I-II=0,029 I-III=0,005

Примечание. n — количество пациентов.

Note. n — number of patients.

Таблица 5. Результаты корреляционного анализа структурных параметров с ФК НУНА

Table 5. Results of the correlation analysis between structural parameters and NYHA functional class (FC)

Показатели / Parameters	Характеристика корреляционной связи / Correlation characteristics		
	ρ	теснота связи по шкале Чеддока correlation strength according to Chaddock's scale	p
ФК — СТС / FC — MRT	-0,468	Умеренная / Moderate	<0,001
ФК — ООС / FC — TRV	-0,468	Умеренная / Moderate	<0,001
ФК — ПараТХ (T) / FC — ParaCT (T)	-0,317	Умеренная / Moderate	0,027
ФК — ПериТХ (S) / FC — PeriCT (S)	-0,338	Умеренная / Moderate	0,018
ФК — ПериТХ (I) / FC — PeriCT (I)	-0,320	Умеренная / Moderate	0,025
ФК — ПериТХ (T) / FC — PeriCT (T)	-0,370	Умеренная / Moderate	0,009
ФК — ПериТХ (N) / FC — PeriCT (N)	-0,285	Слабая / Weak	0,047
ФК — Ср.ПериТХ / FC — mean PeriCT	-0,338	Умеренная / Moderate	0,017
ФК — ПлСНВС (S) / FC — PRNFL (S)	-0,333	Умеренная / Moderate	0,019
ФК — ПлСНВС (N) / FC — PRNFL (N)	-0,433	Умеренная / Moderate	0,002

Примечание. ρ — коэффициент ранговой корреляции Спирмена.Note. ρ — Spearman's rank correlation coefficient.

ОБСУЖДЕНИЕ

Выявленные нами морфометрические изменения сетчатки и хориоидеи свидетельствуют о том, что ХСНсФВ сопряжена со структурным ремоделированием хориоидеи и СНВС, причем выраженность этих сдвигов нарастает по мере утяжеления ФК СН. Наиболее яркой чертой оказалось секторальное истончение хориоидеи, которое доминировало в нижних отделах как пара-, так и перифовеолярной зоны и прогрессировало от I к III ФК. Подобная картина согласуется с представлением о хориоидее как о ткани с экстремально высоким объемным кровотоком, толщина которой критически зависит от состояния сосудистой стенки и перфузионного давления [13]. Систем-

ная эндотелиальная дисфункция и хроническая гипоперфузия, лежащие в основе патогенеза ХСНсФВ [14], создают условия для постепенной атрофии хориоидального сосудистого ложа. Полученные нами результаты согласуются с данными ранее опубликованных работ. В работе К.А. Papathanasiou et al. [8] установлено достоверное уменьшение толщины хориоидеи у пациентов с АГ, которое, в свою очередь, является ведущим этиологическим фактором ХСНсФВ. Работа Н.С. Kanar et al. [11] показала аналогичный феномен при коронарном медленном потоке, который представляет собой клинический эквивалент микрососудистой дисфункции. В обзоре S.C. Yeung et al. [10] также указано, что истончение хориоидеи регистрируется

при различной кардиоваскулярной патологии, включая ХСН, однако не было четко стратифицировано по ФК. Полученные нами данные демонстрируют градицию этих изменений от минимальных при I ФК до значимых при III ФК, что указывает на прямую связь между тяжестью диастолической дисфункции и степенью хориоидальной атрофии именно при ХСНсФВ.

Истончение слоя нервных волокон, наиболее выраженное в верхнем и носовом перипапиллярных секторах, представляет собой еще одну значимую находку. Уменьшение толщины СНВС, состоящего из аксонов ганглиозных клеток, отражает, по-видимому, нейродегенеративный процесс, запускаемый хронической гипоперфузией внутренних слоев сетчатки [6]. Полученные нами данные о корреляции между снижением СНВС и ФК СН по NYHA подкрепляют эту гипотезу. J. Weerts et al. [6] с помощью ОКТ-А обнаружили у пациентов с ХСНсФВ уменьшение макулярной сосудистой плотности и истончение ганглиозно-клеточного комплекса, а также ассоциацию этих изменений с эхокардиографическими маркерами диастолической дисфункции. Наши результаты расширяют эти представления, демонстрируя, что потеря аксонов в перипапиллярной зоне также отражает тяжесть синдрома и может служить ее морфологическим индикатором.

Обращает на себя внимание топическая гетерогенность обнаруженных изменений: хориоидея страдала преимущественно в нижних отделах, тогда как СНВС — в верхнем и носовом секторах. Подобная регионарная избирательность описана при ряде системных сосудистых заболеваний и может объясняться анатомическими особенностями кровоснабжения, неравномерностью распределения сосудистой плотности и автономной регуляцией тонуса в разных квадрантах хориоидеи и диска зрительного нерва [15]. Уточнение этих механизмов требует дополнительных исследований с одновременной ангиографической оценкой.

Тот факт, что при межгрупповом сравнении не было выявлено достоверных различий по центральной и средней толщине сетчатки, а также по общему объему сетчатки, но эти же показатели значимо изменялись при внутригрупповом анализе по мере нарастания ФК, заслуживает отдельного обсуждения. Возможно, структурные перестройки в макулярной области становятся заметными лишь при достаточно выраженной тяжести СН, тогда как более чувствительными маркерами начальных стадий выступают хориоидея и СНВС.

Следует признать ряд ограничений данной работы. Во-первых, небольшой размер выборки и одноцентровой дизайн снижают внешнюю валидность выводов. Во-вторых, поперечный характер исследования не позволяет установить причинно-следственные связи. В-третьих, хотя мы исключали лиц с сопутствующей глазной патологией, нельзя полностью нивелировать влияние длительности АГ и особенностей медикаментозной терапии. Наконец, отсутствие в настоящем фрагменте данных ОКТ-А не дало возможности напрямую сопоставить структурные и сосудистые параметры, такой мультимодальный подход представляется перспективным направлением для дальнейших работ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Хроническая сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса ассоциируется со структурным ремоделированием хориоидеи и СНВС, выраженность которого нарастает по мере увеличения ФК СН. Полученные дан-

ные подтверждают наличие системной микрососудистой дисфункции при ХСНсФВ и демонстрируют потенциал ОКТ-параметров в качестве неинвазивных ранних биомаркеров тяжести заболевания. Спектральная ОКТ как доступный и безопасный метод может рассматриваться в качестве инструмента выявления субклинического сосудистого поражения у пациентов с ХСНсФВ, в первую очередь при нарастании ФК по NYHA. У таких больных выявление истончения хориоидеи и слоя нервных волокон целесообразно дополнять ОКТ-А для прямой оценки микроциркуляции, а динамическую оценку этих показателей — рассматривать как перспективный подход к мониторингу прогрессирования заболевания.

Литература / References

1. Paulus W.J., Tschöpe C. A novel paradigm for heart failure with preserved ejection fraction: comorbidities drive myocardial dysfunction and remodeling through coronary microvascular endothelial inflammation. *J Am Coll Cardiol.* 2013;62(4):263–271. DOI: 10.1016/j.jacc.2013.02.092
2. Franssen C., Chen S., Unger A. et al. Myocardial Microvascular Inflammatory Endothelial Activation in Heart Failure With Preserved Ejection Fraction. *JACC Heart Fail.* 2016;4(4):312–324. DOI: 10.1016/j.jchf.2015.10.007
3. Галевич А.С., Терещенко С.Н., Ускач Т.М. и др. Хроническая сердечная недостаточность. Клинические рекомендации 2024. *Российский кардиологический журнал.* 2024;29(11):6162. DOI: 10.15829/1560-4071-2024-6162
4. Galyavich A.S., Tereshchenko S.N., Uskach T.M. et al. 2024 Clinical practice guidelines for Chronic heart failure. *Russian Journal of Cardiology.* 2024;29(11):6162 (in Russ.). DOI: 10.15829/1560-4071-2024-6162
5. Kur J., Newman E.A., Chan-Ling T. Cellular and physiological mechanisms underlying blood flow regulation in the retina and choroid in health and disease. *Prog Retin Eye Res.* 2012;31(5):377–406. DOI: 10.1016/j.preteyeres.2012.04.004
6. Saint-Geniez M., D'Amore P.A. Development and pathology of the hyaloid, choroidal and retinal vasculature. *Int J Dev Biol.* 2004;48(8–9):1045–1058. DOI: 10.1387/ijdb.041895ms
7. Weerts J., Raafs A.G., Sandhoefer B. et al. Retinal Vascular Changes in Heart Failure with Preserved Ejection Fraction Using Optical Coherence Tomography Angiography. *J Clin Med.* 2024;13(7):1892. DOI: 10.3390/jcm13071892
8. Rusu A.C., Horvath K.U., Tinica G. et al. Retinal Structural and Vascular Changes in Patients with Coronary Artery Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Life (Basel).* 2024;14(4):448. DOI: 10.3390/life14040448
9. Papathanasiou K.A., Kazantzis D., Vrachatis D.A. et al. Choroidal thickness in patients with systemic arterial hypertension: a systematic review and meta-analysis. *Ther Adv Ophthalmol.* 2022;14:25158414221132825. DOI: 10.1177/25158414221132825
10. Peng Y., Zhang Y., Kam K.W. et al. Neuroretinal and Photoreceptor Layer Thickness Reduction Associates With Impaired Cardiovascular Health: The UK Biobank Study. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2026;67(1):19. DOI: 10.1167/iov.67.1.19
11. Yeung S.C., You Y., Howe K.L., Yan P. Choroidal thickness in patients with cardiovascular disease: A review. *Surv Ophthalmol.* 2020;65(4):473–486. DOI: 10.1016/j.survophthal.2019.12.007
12. Kanar H.S., Arsan A., Kup A. et al. Comparison of subfoveal choroidal thickness and retinal nerve fiber layer thickness in patients with coronary slow flow phenomenon and microvascular angina: Optical coherence tomography based study. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2021;33:102189. DOI: 10.1016/j.pdpdt.2021.102189
13. Reddy Y.N.V., Carter R.E., Obokata M. et al. A Simple, Evidence-Based Approach to Help Guide Diagnosis of Heart Failure With Preserved Ejection Fraction. *Circulation.* 2018;138(9):861–870. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.118.034646
14. Nickla D.L., Wallman J. The multifunctional choroid. *Prog Retin Eye Res.* 2010;29(2):144–168. DOI: 10.1016/j.preteyeres.2009.12.002
15. Paulus W.J., Tschöpe C. A novel paradigm for heart failure with preserved ejection fraction: comorbidities drive myocardial dysfunction and remodeling through coronary microvascular endothelial inflammation. *J Am Coll Cardiol.* 2013;62(4):263–271. DOI: 10.1016/j.jacc.2013.02.092
16. Yu D.Y., Cringle S.J., Yu P.K. et al. Retinal capillary perfusion: Spatial and temporal heterogeneity. *Prog Retin Eye Res.* 2019;70:23–54. DOI: 10.1016/j.preteyeres.2019.01.001

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Фролов Александр Михайлович — к.м.н., доцент кафедры глазных болезней Российского университета дружбы народов; 117198, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; ORCID iD 0000-0003-0988-1361

Дулани Фаваз Тарек — аспирант кафедры глазных болезней Российского университета дружбы народов; 117198, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; врач-офталь-

молод офтальмологического отделения ГБУЗ «МКНИЦ Больница 52 ДЗМ»; 132182, Россия, г. Москва, ул. Пехотная, д. 3; ORCID iD 0000-0001-9171-6095

Фролов Михаил Александрович — д.м.н., профессор, заведующий кафедрой глазных болезней Российского университета дружбы народов; 117198, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; ORCID iD 0000-0002-9833-6236

Оренбуркина Ольга Ивановна — д.м.н., директор ФГБУ «ВЦГПХ» Минздрава России; 450075, Россия, г. Уфа, ул. Р. Зорге, д. 61/7; доцент кафедры глазных болезней Российского университета дружбы народов; 117198, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; ORCID iD 0000-0001-6815-8208

Копченова Юлия Геннадьевна — ассистент кафедры глазных болезней Российского университета дружбы народов; 117198, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; заведующий офтальмологическим отделением ГБУЗ «МКНИЦ Больница 52 ДЗМ»; 132182, Россия, г. Москва, ул. Пехотная, д. 3; ORCID iD 0000-0003-3940-0178

Воробьева Ирина Витальевна — д.м.н., профессор, профессор кафедры глазных болезней Российского университета дружбы народов; 117198, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; ORCID iD 0000-0003-2707-8417

Вейберт Дарья Валерьевна — студентка медицинского института Российского университета дружбы народов; 117198, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; ORCID iD 0009-0009-6889-1835

Контактная информация: Дулани Фаваз Тарек, e-mail: dolani.fawaz@yandex.ru

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 24.06.2026.

Поступила после рецензирования 15.07.2026.

Принята в печать 30.07.2026.

ABOUT THE AUTHORS:

Aleksandr M. Frolov — C. Sc. (Med.), Associate Professor of the Department of Eye Diseases, RUDN University; 6,

Miklukho-Maklaya str., Moscow, 117198, Russian Federation; ORCID iD 0000-0003-0988-1361

Favaz T. Dulani — postgraduate student of the Department of Eye Diseases, RUDN University; 6, Miklukho-Maklaya str., Moscow, 117198, Russian Federation; ophthalmologist at the Department of Ophthalmology, Moscow Clinical Science and Research Center 52; 3, Pekhotnaya str., Moscow, 123182, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-9171-6095

Mikhail A. Frolov — Dr. Sc. (Med.), Professor, Head of the Department of Eye Diseases, RUDN University; 6, Miklukho-Maklaya str., Moscow, 117198, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-9833-6236

Olga I. Orenburkina — Dr. Sc. (Med.), Director, Russian Center for Eye and Plastic Surgery; 67/1, Richard Sorge str., Ufa, 450075, Russian Federation; Associate Professor of the Department of Eye Diseases, RUDN University; 6, Miklukho-Maklaya str., Moscow, 117198, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-6815-8208

Yulia G. Kopchenova — Assistant of the Department of Eye Diseases, RUDN University; 6, Miklukho-Maklaya str., Moscow, 117198, Russian Federation; Head of the Department of Ophthalmology, Moscow Clinical Science and Research Center 52; 3, Pekhotnaya str., Moscow, 123182, Russian Federation; ORCID iD 0000-0003-3940-0178

Irina V. Vorobyeva — Dr. Sc. (Med.), Professor, Professor of the Department of Eye Diseases, RUDN University; 6, Miklukho-Maklaya str., Moscow, 117198, Russian Federation; ORCID iD 0000-0003-2707-8417

Daria V. Veybert — medical student, RUDN University; 6, Miklukho-Maklaya str., Moscow, 117198, Russian Federation; ORCID iD 0009-0009-6889-1835

Contact information: Favaz T. Dulani, e-mail: dolani.fawaz@yandex.ru

Financial Disclosure: no authors have a financial or property interest in any material or method mentioned.

There is no conflict of interest.

Received 24.06.2026.

Revised 15.07.2026.

Accepted 30.07.2026.

DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-6

Влияние применения лютеинсодержащих и зеаксантинсодержащих антиоксидантных витаминно-минеральных комплексов на функциональное состояние сетчатки у пациентов с «сухой» формой возрастной макулярной дегенерации и макулопатии при миопии высокой степени

Г.Р. Алтынбаева¹, Г.А. Азаматова²¹ГБУЗ РБ ГКБ № 5 г. Уфа, Уфа, Российская Федерация²ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России, Уфа, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Введение: в прогрессировании возрастной макулярной дегенерации (ВМД) и макулопатий при миопии высокой степени важную роль играет нарушение антиоксидантного статуса, поэтому успешное лечение во многом зависит от проведения адекватной антиоксидантной терапии.

Цель исследования: изучение функционального состояния сетчатки у пациентов с «сухой» формой ВМД и миопией высокой степени на фоне применения антиоксидантных витаминно-минеральных комплексов (ВМК), содержащих лютеин и зеаксантин.

Материал и методы: проведено изучение функционального состояния сетчатки у пациентов с «сухой» формой ВМД и миопией высокой степени на фоне применения антиоксидантных ВМК в течение 4 мес. Всем пациентам до начала курса лечения и после его окончания проводилась оценка остроты зрения, контрастной чувствительности, световой чувствительности и темновой адаптации.

Результаты исследования: средняя острота зрения у пациентов с ВМД с коррекцией имела тенденцию к незначительному повышению на 5,88% (с 0,51 до 0,55, $p=0,522$). Изменения остроты зрения после приема ВМК, в том числе содержащих лютеин, зеаксантин и антиоксиданты, зависели от длительности заболевания пациента ($p=0,59$). Контрастная чувствительность статистически значимо повысилась на 7,69% ($p=0,005$). Показатель пробы Кравкова — Пуркинье у пациентов с ВМД повысился на 57,35%, а время узнавания квадратов в среднем достигло $24,4 \pm 29,62$ с. Корригированная и некорригированная острота зрения до и после лечения у пациентов с миопией высокой степени имела тенденцию к увеличению с 0,09 до 0,11 на 22,2% без коррекции ($p=0,004$) и с 0,91 до 0,95 на 4,4% с коррекцией ($p=0,001$). Контрастная чувствительность у данных пациентов статистически значимо ($p=0,001$) улучшилась с 1,7 до 1,85 Log, что составило повышение на 8,82%, время проведения темновой пробы статистически значимо ($p=0,0001$) сократилось с 0,89 с до 0,52 (41,57%).

Заключение: выявлено положительное влияние длительного применения двухэтапной схемы ВМК на функциональное состояние сетчатки при «сухой» форме ВМД и миопии высокой степени. Раннее начало приема лютеин- и зеаксантинсодержащих антиоксидантных ВМК может создавать благоприятный фон для поддержания здоровья зрительной системы, способствует снижению рисков прогрессирования и повышению эффективности основного терапевтического лечения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: миопия, возрастная макулярная дегенерация, антиоксиданты, лютеин, зеаксантин, лютеин- и зеаксантинсодержащие антиоксидантные витаминно-минеральные комплексы.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Алтынбаева Г.Р., Азаматова Г.А. Влияние применения лютеинсодержащих и зеаксантинсодержащих антиоксидантных витаминно-минеральных комплексов на функциональное состояние сетчатки у пациентов с «сухой» формой возрастной макулярной дегенерации и макулопатии при миопии высокой степени. Клиническая офтальмология. 2026;26(3):231–236. DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-6

Effects of lutein- and zeaxanthin-containing antioxidant vitamin-mineral complexes on retinal function in patients with dry age-related macular degeneration and myopic maculopathy associated with high myopia

G.R. Altynbaeva¹, G.A. Azamatova²¹Ufa City Clinical Hospital No. 5, Ufa, Russian Federation²Bashkir State Medical University, Ufa, Russian Federation

ABSTRACT

Background: oxidative stress plays an important role in the progression of age-related macular degeneration (AMD) and myopic maculopathy associated with high myopia. Therefore, successful treatment largely depends on adequate antioxidant therapy.

Aim: to evaluate retinal function in patients with dry AMD and high myopia during treatment with antioxidant vitamin-mineral complexes (VMCs) containing lutein and zeaxanthin.

Patients and Methods: retinal function was evaluated in patients with dry AMD and high myopia during a 4-month course of antioxidant VMCs. All patients underwent assessment of visual acuity, contrast sensitivity, light sensitivity, and dark adaptation before treatment initiation and after completion of the treatment course.

Results: in patients with AMD, the mean best-corrected visual acuity showed a non-significant increase of 5.88%, from 0.51 to 0.55 ($p=0.522$). Changes in visual acuity following treatment with VMCs containing lutein, zeaxanthin, and antioxidants were associated with disease duration ($r=-0.59$). Contrast sensitivity increased significantly by 7.69% ($p=0.005$). The Kravkov–Purkinje test result in patients with AMD increased by 57.35%, and the mean square-recognition time reached 24.4 ± 29.62 s. In patients with high myopia, both uncorrected and best-corrected visual acuity showed improvement after treatment: uncorrected visual acuity increased from 0.09 to 0.11 (22.2%; $p=0.004$), and best-corrected visual acuity increased from 0.91 to 0.95 (4.4%; $p=0.001$). Contrast sensitivity improved significantly ($p=0.001$), increasing from 1.70 to 1.85 log units (8.82%). The dark adaptation test time decreased significantly ($p=0.0001$), from 0.89 s to 0.52 s (41.57%).

Conclusion: long-term administration of a two-stage regimen of VMCs had a beneficial effect on retinal function in patients with dry AMD and high myopia. Early initiation of antioxidant VMCs containing lutein and zeaxanthin may provide favorable conditions for maintaining visual system health, reduce the risk of disease progression, and improve the effectiveness of primary therapeutic treatment.

KEYWORDS: myopia, age-related macular degeneration, antioxidants, lutein, zeaxanthin, lutein- and zeaxanthin-containing antioxidant vitamin-mineral complexes.

FOR CITATION: Altynbaeva G.R., Azamatova G.A. Effects of lutein- and zeaxanthin-containing antioxidant vitamin–mineral complexes on retinal function in patients with dry age-related macular degeneration and myopic maculopathy associated with high myopia. *Russian Journal of Clinical Ophthalmology*. 2026;26(3):231–236 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-6

ВВЕДЕНИЕ

Заболевания сетчатки имеют высокую медико-социальную значимость и вносят существенный вклад в структуру инвалидности по зрению. Согласно данным статистики в экономически развитых странах развитие слепоты и слабовидения среди пациентов с заболеваниями сетчатки происходит вследствие возрастной макулярной дегенерации (ВМД) и дегенеративной миопии [1, 2].

Возрастная макулярная дегенерация — это хроническое прогрессирующее многофакторное заболевание, характеризующееся дегенеративным процессом в пигментном эпителии, мембране Бруха и хориокапиллярах центральной зоны глазного дна со вторичным поражением нейроэпителия и являющееся основной причиной потери центрального зрения среди людей старшей возрастной группы¹. Во всем мире ВМД страдают около 196 млн человек; согласно прогнозу ученых число людей с ВМД в период с 2020 по 2030 г. увеличится в 1,2 раза и составит порядка 243,3 млн человек, а к 2040 г. ожидается рост до 288 млн [3, 4]. В Российской Федерации за 2024 г. зарегистрировано 368 358 пациентов с дегенерацией макулы, что составляет 317 на 100 тыс. взрослого населения [1].

Миопия является одной из значимых проблем офтальмологии и в течение многих лет находится в центре внимания ученых и врачей-офтальмологов. При прогрессировании данной аномалии рефракции происходит развитие дистрофических заболеваний сетчатки со значительным и стойким снижением функций органа зрения. Распространенность дегенеративной миопии достигает до 380 на 100 тыс. взрослого населения, в России за 2024 г. зарегистрировано 34 769 взрослых пациентов с дегенеративной миопией, что составляет 29,9 на 100 тыс. взрослого населения² [1, 5].

Окислительный стресс является одним из главных звеньев в развитии и прогрессировании как ВМД, так и макулопатии при миопии высокой степени [6, 7]. Доказано, что сетчатка характеризуется высокой потребностью в кислороде, поэтому она очень чувствительна к повреждениям, связанным с процессами окисления, при которых в избытке образуются свободные радикалы. Защитную роль при этом играет «желтый» макулярный пигмент (оксикаротиноиды лютеин и зеаксантин), который поглощает коротковолновую часть синего света и участвует в антиоксидантной защите. В зависимости от концентрации маку-

лярный пигмент действует как фильтр синего света, который поглощает 40–90% видимого синего света, защищая сетчатку глаза от повреждений [8]. Лютеин и зеаксантин нейтрализуют свободные радикалы, в том числе активные формы кислорода, и предотвращают перекисное окисление липидов. Наряду с каротиноидами антиоксидантную защиту глаз обеспечивают некоторые витамины и микроэлементы: витамины С и Е выступают в роли прямых антиоксидантов, непосредственно нейтрализуя свободные радикалы, а микроэлементы, такие как селен и медь, защищают структуры глаза от окислительного стресса опосредованно, являясь важной частью ферментов собственной антиоксидантной системы организма. В связи с этим для снижения рисков прогрессирования дистрофических изменений сетчатки целесообразно применение биологически активных добавок (БАД) антиоксидантного действия, содержащих каротиноиды лютеин и зеаксантин, а также витаминно-минеральные комплексы (ВМК), содержащие цинк, селен, витамины С и Е [9–14]. Примерами таких комплексов являются Окувайт® Форте в виде таблеток, содержащих микрокапсулы с контролируемым высвобождением лютеина (6 мг) и зеаксантина (0,5 мг), а также с витамином С (60 мг), витамином Е (8,8 мг), цинком (5 мг) и селеном (20 мкг), и Окувайт® Макс в виде капсулы, содержащей лютеин (5 мг) и зеаксантин (1 мг), а также витамин С (250 мг), витамин Е (50,25 мг), цинк (12,5 мг), селен (18 мкг) и медь (1 мг). Лютеин и зеаксантин действуют в качестве фильтра, задерживая до 60% ультрафиолета, оказывающего повреждающее действие на сетчатку, а также нейтрализуют свободные радикалы. Патогенетическая направленность ВМК, доказанное отсутствие побочных эффектов, биосовместимость с другими лекарственными средствами, доступность для пациента делают их препаратами выбора для включения в комплексные рекомендации при «сухой» форме ВМД и миопии высокой степени.

Цель исследования: изучение функционального состояния сетчатки у пациентов с «сухой» формой ВМД и миопией высокой степени на фоне применения антиоксидантных ВМК, содержащих лютеин и зеаксантин.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Под нашим наблюдением в условиях рутинной клинической практики в поликлиническом отделении городской

больницы находились 19 пациентов (38 глаз) с «сухой» формой ВМД в возрасте от 55 до 89 лет (средний возраст $74,7 \pm 9,6$ года) — I группа (стаж заболевания составил в среднем $2,3 \pm 2,82$ года) и 16 (32 глаза) пациентов с миопией высокой степени в возрасте от 22 до 43 лет (средний возраст $31,3 \pm 6,69$ года) — II группа. В исследование были включены пациенты, имеющие диагнозы: ВМД, «сухая» форма, и миопия высокой степени. Из исследования были исключены пациенты, у которых была «влажная» форма ВМД, требующая применения антивасопротективной терапии, пациенты, которые в ходе наблюдения самостоятельно прерывали лечение или нарушали его схему, а также пациенты, перенесшие витреоретинальные вмешательства или другие операции на глазу; также из исследования были исключены пациенты с сопутствующими онкологическими заболеваниями, нуждающиеся в проведении химиотерапии. Пациенты предоставили письменное информированное согласие на публикацию данных в медицинском журнале с соблюдением анонимности.

Все пациенты принимали антиоксидантные ВМК по следующей схеме: Окувайт® Макс по 1 капсуле 2 р/сут во время еды в течение 1 мес., далее — Окувайт® Форте по 1 таблетке 1 р/сут во время еды в течение 3 мес. Выбор именно такой схемы терапии был обусловлен тем, что в первый месяц обеспечивался высокий уровень концентрации каротиноидов и витаминов в плазме крови и в сетчатке при применении ВМК с высоким значением данных элементов (Окувайт® Макс), который по составу максимально приближен к формуле AREDS2 [11], далее для поддержания накопления каротиноидов в сетчатке использовали Окувайт® Форте, который в своем составе содержит объем компонентов, рекомендованный в Российской Федерации в качестве уровня суточного потребления [15].

Всем пациентам до начала курса лечения и сразу после его окончания проводилось рутинное офтальмологическое исследование, включающее визометрию, периметрию, тонометрию, биомикроскопию, офтальмоскопию. Для оценки световой чувствительности и темновой адаптации проводили пробу Кравкова — Пуркинье до начала и через 4 мес. приема антиоксидантных ВМК. Также проводили оценку контрастной чувствительности (КЧ) зрения с помощью наиболее распространенного метода — теста Пелли — Робсона, который считается «золотым стандартом» в рутинной практике офтальмолога [16].

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием пакета прикладных программ Statistica 10.0. Для проверки нормальности распределения данных использовали критерий Шапиро — Уилка. Количественные показатели представлены в виде среднего значения и стандартного отклонения ($M \pm SD$). Для переменных с нормальным распределением применялся t-критерий Стьюдента. Для переменных, распределение которых отличалось от нормального, а также при наличии выраженных выбросов использовался U-критерий Манна — Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

У пациентов I группы с ВМД на фоне применения антиоксидантных ВМК острота зрения с коррекцией имела тенденцию к незначительному повышению на 5,88% с 0,51 до 0,55, однако это было статистически незначимо ($p=0,522$). Изменения остроты зрения под воздействием терапии продемонстрировали корреляцию с продол-

жительностью заболевания у пациентов ($p=-0,59$) (рис. 1), что свидетельствует о том, что, несмотря на положительную динамику, достигнутую в результате лечения, степень улучшения зрения у пациентов с более ранними стадиями заболевания была существенно выше по сравнению с теми, кто страдал от него на протяжении длительного периода.

Для верификации полученных данных мы разделили пациентов на 2 подгруппы в зависимости от длительности течения ВМД. В 1-ю подгруппу вошли 13 пациентов (26 глаз) со стажем заболевания от 2 мес. до 2 лет, 2-ю подгруппу составили 6 пациентов (12 глаз) с анамнезом заболевания более 2 лет. Сравнительный анализ выявил статистически значимые различия ($p=0,003$): у пациентов 1-й подгруппы на фоне терапии отмечалось более выраженное улучшение остроты зрения (на 10,25%), что в 2 раза превышало показатели 2-й подгруппы (рис. 2).

Известно, что длительное течение заболевания приводит к необратимым структурным изменениям в сетчатке, которые в меньшей степени поддаются коррекции даже при использовании современных фармакологических препаратов. Следовательно, своевременность начала применения лютеин- и зеаксантинодержащих антиоксидантных ВМК становится критически важным фактором для достижения эффективности комплексного лечения и снижения риска развития необратимой потери зрения.

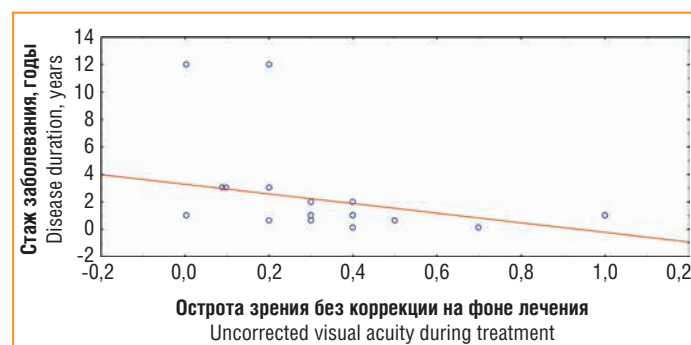


Рис. 1. Взаимосвязь изменения остроты зрения на фоне лечения и стажа ВМД

Fig. 1. Relationship between the change in visual acuity during treatment and the duration of AMD

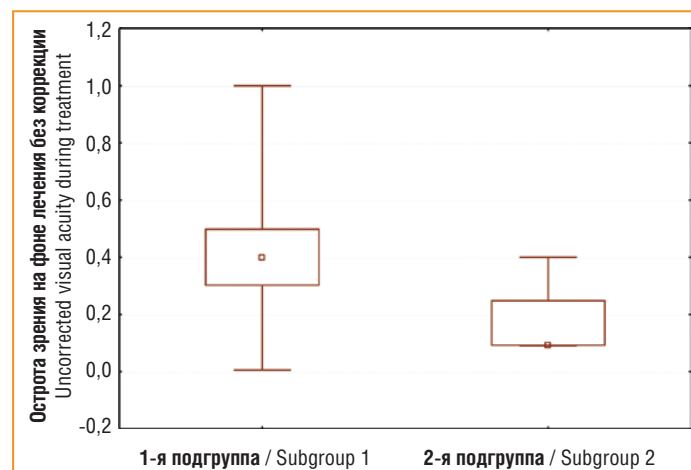


Рис. 2. Острота зрения в подгруппах на фоне лечения в зависимости от стажа ВМД у пациентов I группы

Fig. 2. Visual acuity in subgroups during treatment, depending on the duration of AMD in group I patients

Контрастная чувствительность у пациентов I группы статистически значимо повысилась на 7,69% ($p=0,005$). До начала терапии показатели КЧ у большинства пациентов (в 9 случаях) достигали значения 1,6 log единицы. Данный уровень свидетельствует о преобладании умеренной степени снижения КЧ, что оказывает существенное влияние на качество жизни пациентов, затрудняя выполнение повседневных задач, связанных с визуальным восприятием. В ходе лечения в большинстве случаев (14 глаз) она достигла максимального значения 2,0 (рис. 3).

При проведении корреляционного анализа была выявлена статистически значимая обратная связь между возрастом пациентов и исходными показателями КЧ и остроты зрения до начала лечения. Данный результат, отраженный в коэффициенте корреляции Пирсона ($r=-0,6$), указывает на тенденцию к снижению зрительных функций с увеличением возраста пациентов. Это наблюдение соответствует общепринятым представлениям о возрастных изменениях зрительной системы, в частности снижении аккомодационной способности хрусталика, ухудшении прозрачности оптических сред глаза и изменении функции фоторецепторного аппарата.

Показатель пробы Кравкова — Пуркинье в ходе нашего наблюдения продемонстрировал положительную динамику, увеличившись на 57,35%, что свидетельствует об оптимизации светоощущения и, возможно, о положительном влиянии применяемых нутрицевтиков на функцию фоторецепторов. Среднее время, затраченное пациентами на узнавание квадратов, составило $24,4 \pm 29,62$ с. Уменьшение времени, необходимого для выполнения данной задачи, может указывать на повышение скорости нейронной обработки визуальных стимулов и улучшение когнитивных функций, связанных с восприятием и распознаванием образов. Подавляющее большинство — 10 (52,6%) пациентов не смогли идентифицировать ни одного цветного квадрата в рамках проведенного теста. У 1 (5,26%) пациента отмечалось частичное восприятие: видел только желтый квадрат. Данные результаты позволили предположить наличие снижения и нарушения световосприятия, ассоциированное с дисфункцией палочкового аппарата сетчатки, ответственного за восприятие в условиях низкой освещенности. На фоне лечения случаи более успешного выполнения задания были зафиксированы у оставшихся 8 пациентов: 6 (31,5%) пациентов смогли распознать два квадрата (синий и желтый), а также 2 (15,7%) пациента справились с идентификацией всех трех квадратов. Совокупность полученных результатов позволяет сделать вывод о комплексном положительном воздействии Окувайт® Макс и Окувайт® Форте на зрительную систему пациентов. Наблюдаемые изменения показателей пробы Кравкова — Пуркинье и времени узнавания квадратов, вероятно, отражают как непосредственное влияние на физиологические процессы в сетчатке, так и улучшение когнитивных аспектов зрительного восприятия. В ходе исследования мы не выявили существенного влияния наличия помутнения в хрусталике или артефакции на темновую пробу. Корреляционный анализ продемонстрировал наличие умеренной положительной корреляции между изменениями показателей пробы Кравкова — Пуркинье на фоне проводимой терапии и исходным уровнем КЧ у пациентов ($r=0,57$; $p<0,05$). Данный результат указывает на то, что у пациентов с более высокими исходными значениями КЧ, как правило, наблюдались и более выраженные положительные сдвиги после

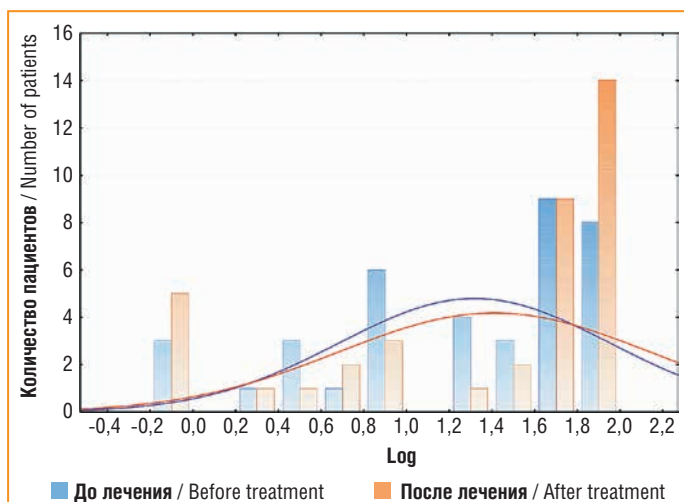


Рис. 3. Динамика КЧ на фоне терапии у пациентов I группы
Fig. 3. Dynamics of contrast sensitivity during therapy in I group patients

применения комплексов, содержащих каротиноиды. Эта взаимосвязь позволяет предположить, что исходное состояние КЧ может выступать в качестве прогностического фактора успешности терапии, направленной на коррекцию нарушений зрительного восприятия и как один из ключевых критериев при отборе пациентов для данного вида лечения, а также при оценке его клинической эффективности.

В течение всего периода наблюдения ни у одного пациента не было выявлено прогрессирования дистрофического процесса во «влажную» форму ВМД, что подтверждено данными офтальмоскопии, ОКТ и теста Амслера.

У пациентов с миопией высокой степени корригированная и некорригированная острота зрения до и после лечения имела тенденцию к увеличению с 0,09 до 0,11 на 22,2% без коррекции ($p=0,004$) и с 0,91 до 0,95 на 4,4% с коррекцией ($p=0,001$). КЧ статистически значимо ($p=0,001$) улучшилась (с 1,7 до 1,85 Log), что составило повышение на 8,82% (рис. 4). Время проведения темновой пробы статистически значимо ($p=0,0001$) сократилось с 0,89 до 0,52 с (41,57%). В ходе проведения корреляционного анализа Спирмена была выявлена статистически значимая обратная взаимосвязь между стажем близорукости и исходными показателями КЧ ($r=-0,43$). Это наблюдение свидетельствует о тенденции к ухудшению КЧ с увеличением возраста па-

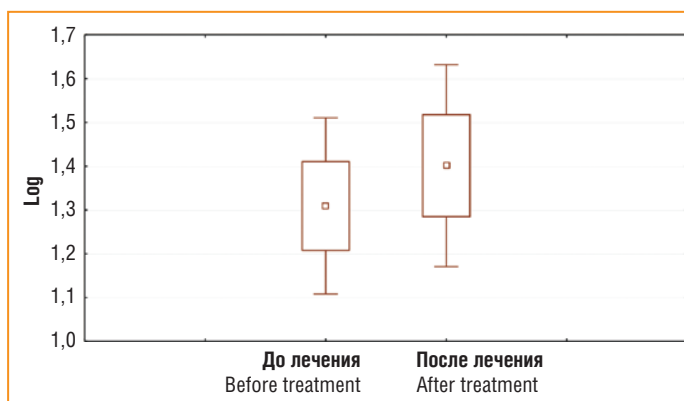


Рис. 4. Показатели КЧ у пациентов II группы на фоне комплексной терапии
Fig. 4. Contrast sensitivity parameters in group II patients during combined therapy

циентов. Анализ выявил закономерность, согласно которой увеличение стажа миопии среди пациентов коррелирует с ухудшением как исходных параметров КЧ, так и остроты зрения. Иными словами, длительность заболевания напрямую коррелирует с остротой зрения: чем больше стаж близорукости, тем ниже исходные показатели пациента и, как следствие, менее выражен эффект от терапии. Полученные результаты позволяют предположить, что своевременное назначение ВМК может способствовать достижению более выраженного и устойчивого положительного эффекта на зрительные функции. Данная гипотеза находит обоснование в известных механизмах действия витаминов и микроэлементов, входящих в состав таких комплексов.

Эти данные могут указывать на то, что ранний прием ВМК способствует улучшению функций органа зрения. Скорость проведения темновой адаптации зависела от исходной остроты зрения ($p=-0,37$), остроты зрения на фоне приема Окувайт® Макс и Окувайт® Форте ($p=-0,86$). Таковую же корреляцию мы получили для КЧ ($p=0,42$).

Через 4 мес. после начала применения ВМК все пациенты II группы указывали на повышение четкости и яркости изображения, улучшение сумеречного зрения, уменьшение утомляемости глаз, особенно при работе с компьютером и при повышенной зрительной нагрузке.

Обобщая полученные данные, получили подтверждение положительного влияния капсул Окувайт® Макс и таблеток Окувайт® Форте на функциональное состояние сетчатки пациентов с представленной патологией сетчатки, что согласуется с результатами, представленными другими исследователями, которые также применяли данные нутрицевтики в своей клинической практике [17, 18]. В частности, увеличение показателей пробы Кравкова — Пуркинье на 57,35% на фоне двухэтапной схемы применения данных ВМК свидетельствует об оптимизации светоощущения и положительном влиянии на функцию фоторецепторов сетчатки. Достигнутые в ходе нашего исследования результаты, вероятно, можно объяснить тем, что в ходе двухэтапной схемы применения ВМК происходит активное насыщение сетчатки лютеином, зеаксантином, витаминами С, Е, цинком, медью и селеном, что приводит к улучшению метаболических процессов и активизации антиоксидантного потенциала сетчатки. В нашем наблюдении не предусматривалась параллельная контрольная группа, так как целью работы являлась оценка динамики функциональных показателей у пациентов с ВМД на фоне приема капсул Окувайт® Макс и таблеток Окувайт® Форте и каждый пациент выступал своим собственным контролем.

Краткосрочный формат позволил нам сфокусироваться на чистоте данных, исключив влияние вторичных факторов, которые неизбежно накапливаются при долгосрочном наблюдении (например, изменение режима терапии, сопутствующие заболевания или естественное прогрессирование болезни). Во-вторых, мы придерживались принципа высокой комплаентности: в краткосрочных исследованиях процент выбывания пациентов значительно ниже, что обеспечивает более высокую статистическую мощность и значимость полученных результатов по сравнению с долгосрочными когортами, где данные часто искажаются из-за потери связи с пациентами.

Важным моментом для практикующего офтальмолога является то, что лютеин- и зеаксантинсодержащие

антиоксидантные комплексы включены в схемы лечения и профилактики ВМД и миопии согласно действующим клиническим рекомендациям: «Макулярная дегенерация возрастная»¹ и «Миопия»².

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе нашего клинического наблюдения выявлено положительное влияние двухэтапного применения ВМК на функции органа зрения при «сухой» форме ВМД и миопии высокой степени. Применение ВМК антиоксидантного действия с лютеином и зеаксантином в виде периодических курсов целесообразно рекомендовать пациентам с «сухой» формой ВМД и миопией высокой степени для улучшения и сохранения зрительных функций, стабилизации процесса, снижения риска прогрессирования и перехода заболеваний в более тяжелую стадию. Выявленная нами зависимость улучшения таких показателей, как КЧ и острота зрения, на фоне приема ВМК от стажа заболевания доказывает, что раннее их применение позволяет создавать благоприятный фон для поддержания здоровья зрительной системы и способствует снижению рисков прогрессирования заболеваний сетчатки. Это, в свою очередь, позволяет рекомендовать применение лютеин- и зеаксантинсодержащих антиоксидантных ВМК пациентам, при этом наибольшее положительное влияние отмечается на начальных этапах изменения сетчатки.

Таким образом, прием ВМК с указанным выше составом по описанным схемам является оптимальным для улучшения и стабилизации зрительных функций у пациентов с «сухой» формой ВМД и миопией высокой степени. Лютеин- и зеаксантинсодержащие антиоксидантные комплексы включены в схемы лечения и профилактики ВМД и миопии согласно действующим клиническим рекомендациям. ▲

Литература / References

1. Нероев В.В., Зайцева О.В., Нероева Н.В. и др. Заболевания сетчатки у взрослого населения в цифрах федеральной статистики Российской Федерации. *Российский офтальмологический журнал*. 2025;18(4):7–13. DOI: 10.21516/2072-0076-2025-18-4-7-13
2. Nereov V.V., Zaytseva O.V., Nereova N.V. et al. Retinal diseases among the adult population in federal statistics of the Russian Federation. *Russian Ophthalmological Journal*. 2025;18(4):7–13 (in Russ.). DOI: 10.21516/2072-0076-2025-18-4-7-13
3. GBD 2019 Blindness and Vision Impairment Collaborators; Vision Loss Expert Group of the Global Burden of Disease Study. Causes of blindness and vision impairment in 2020 and trends over 30 years, and prevalence of avoidable blindness in relation to VISION 2020: the Right to Sight: an analysis for the Global Burden of Disease Study. *Lancet Glob Health*. 2021;9(2):e144–e160. DOI: 10.1016/S2214-109X(20)30489-7
4. Wong W.L., Su X., Li X. et al. Global prevalence of age-related macular degeneration and disease burden projection for 2020 and 2040: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Glob Health*. 2014;2(2):106–116. DOI: 10.1016/S2214-109X(13)70145-1
5. Всемирный доклад о проблемах зрения. Женева: Всемирная организация здравоохранения; 2020. Лицензия: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. World report on vision. Geneva: World Health Organization; 2020. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO (in Russ.).
6. Pan C.W., Dirani M., Cheng C.Y. et al. The age-specific prevalence of myopia in Asia: a meta-analysis. *Optom Vis Sci*. 2015;92(3):258–266. DOI: 10.1097/OPX.0000000000000516
7. Nita M., Grzybowski A., Ascaso F.J., Huerva V. Age-related macular degeneration in the aspect of chronic low-grade inflammation (pathophysiological parainflammation). *Mediators Inflamm*. 2014;2014:930671. DOI: 10.1155/2014/930671
8. Beatty S., Koh H., Phil M. et al. The role of oxidative stress in the pathogenesis of age-related macular degeneration. *Surv Ophthalmol*. 2000;45(2):115–134. DOI: 10.1016/S0039-6257(00)00140-5
9. Arunkumar R., Gorusupudi A., Bernstein P.S. The macular carotenoids: A biochemical overview. *Biochim Biophys Acta Mol Cell Biol Lipids*. 2020;1865(11):158617. DOI: 10.1016/j.bbalip.2020.158617

¹ Клинические рекомендации. Макулярная дегенерация возрастная. 2024. (Электронный ресурс.) URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/114_3 (дата обращения: 01.06.2026).

² Клинические рекомендации. Миопия. 2024. (Электронный ресурс.) URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/109_2 (дата обращения: 01.06.2026).

9. Age-Related Eye Disease Study Research Group. A randomized, placebo-controlled, clinical trial of high-dose supplementation with vitamins C and E, beta carotene, and zinc for age-related macular degeneration and vision loss: AREDS report no. 8. *Arch Ophthalmol*. 2001;119(10):1417–1436. DOI: 10.1001/archophth.119.10.1417
10. Trieschmann M., Beatty S., Nolan J.M. et al. Changes in macular pigment optical density and serum concentrations of its constituent carotenoids following supplemental lutein and zeaxanthin: the LUNA study. *Exp Eye Res*. 2007;84(4):718–728. DOI: 10.1016/j.exer.2006.12.010
11. Chew E.Y., Clemons T., SanGiovanni J.P. et al. The Age-Related Eye Disease Study 2 (AREDS2): study design and baseline characteristics (AREDS2 report number 1). *Ophthalmology*. 2012;119(11):2282–2289. DOI: 10.1016/j.ophtha.2012.05.027
12. Воробьева И.В., Дементьева А.А., Дгебуадзе А. К вопросу о состоянии сетчатки при сочетанной патологии глазного дна под влиянием антиоксидантов, ангиопротекторов, витаминов. *Клиническая офтальмология*. 2020;20(2):104–109. DOI: 10.32364/2311-7729-2020-20-2-104-109
- Vorob'eva I.V., Dement'eva A.A., Dgebuadze A. The effects of antioxidants, angioprotective agents, and vitamins on retina in complex retinal diseases. *Russian Journal of Clinical Ophthalmology*. 2020;20(2):104–109 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2020-20-2-104-109
13. Глазко Н.Г., Канаева О.А., Рабаданова М.Г. Лечение «сухой» формы возрастной макулярной дегенерации: изученное настоящее и перспективное будущее. *Клиническая офтальмология*. 2022;22(4):240–246. DOI: 10.32364/2311-7729-2022-22-4-240-246
- Glazko N.G., Kanaeva O.A., Rabadanova M.H. Treatment of the dry form of age-related macular degeneration: the studied present and promising future. *Russian Journal of Clinical Ophthalmology*. 2022;22(4):240–246 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2022-22-4-240-246
14. Приходько В.А., Оковитый С.В. Возможности и перспективы антиоксидантной терапии в лечении заболеваний глаз. *Медицинский совет*. 2022;16(23):263–273. DOI: 10.21518/2079-701X-2022-16-23-263-273
- Prikhodko V.A., Okovityi S.V. Possibilities and prospects for antioxidant therapy in ocular diseases. *Meditinskiy Sovet*. 2022;16(23):263–273 (in Russ.). DOI: 10.21518/2079-701X-2022-16-23-263-273
15. Возрастная макулярная дегенерация: взгляд с разных сторон. XXIV Международная офтальмологическая конференция «Белые ночи». Сателлитный симпозиум компании VALEANT (Bausch + Lomb). (Электронный ресурс.) URL: https://umedp.ru/articles/vozrastnaya_makulyarnaya_degeneratsiya_vzglyad_s_raznykh_storon_xxiv_mezhdunarodnyy_ofthalmologichesk.html (дата обращения: 30.03.2026).
- Age-related macular degeneration: a view from different angles. XXIV International Ophthalmological Congress "White Nights". Satellite symposium of the VALEANT company (Bausch + Lomb). (Electronic resource.) URL: https://umedp.ru/articles/vozrastnaya_makulyarnaya_degeneratsiya_vzglyad_s_raznykh_storon_xxiv_mezhdunarodnyy_ofthalmologichesk.html (access date: 30.03.2026).
16. Павловский О.А., Файзрахманов Р.Р., Шишкин М.М., Бречка Е.А. Измерение контрастной чувствительности для оценки витреоретинального вмешательства при диабетической ретинопатии. обзор литературы. *Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова*. 2025;20(54):74–79. DOI: 10.25881/20728255_2025_20_4_S1_74
- Pavlovskij O.A., Fajzrahmanov R.R., Shishkin M.M., Brechka E.A. Contrast sensitivity measurement for evaluating vitreoretinal intervention in diabetic retinopathy. A literature review. *Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center*. 2025;20(4):74–79 (in Russ.). DOI: 10.25881/20728255_2025_20_4_S1_74
17. Малахова А.И. Важность нутрицевтической поддержки по протоколу AREDS2 при возрастной макулярной дегенерации: клиническое наблюдение. *Офтальмология*. 2025;22(4):919–929. DOI: 10.18008/1816-5095-2025-4-919-929
- Malakhova A.I. The Importance of Nutraceutical Support According to the AREDS2 Protocol in Age-related Macular Degeneration. Clinical observation. *Ophthalmology*. 2025;22(4):919–929 (in Russ.). DOI: 10.18008/1816-5095-2025-4-919-929
18. Малахова А.И., Ершов А.В. Значение нутрицевтической поддержки при возрастной макулярной дегенерации: опыт и перспективы. *Клиническая офтальмология*. 2026;26(1):71–78. DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-1-11
- Malakhova A.I., Ershov A.V. Importance of nutraceutical support in patients with age-related macular degeneration: experience and prospects. *Russian Journal of Clinical Ophthalmology*. 2026;26(1):71–78 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-1-11

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Алтынбаева Гульназ Рифовна — к.м.н., врач-офтальмолог 3-го поликлинического отделения ГБУЗ РБ ГKB № 5 г. Уфа; 450005, Россия, г. Уфа, ул. Пархоменко, д. 93; ORCID iD 0000-0002-0870-4630

Азаматова Гульнара Азаматовна — к.м.н., доцент, доцент кафедры офтальмологии ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России; 450008, Россия, г. Уфа, ул. Ленина, д. 3; ORCID iD 0000-0001-8158-8333

Контактная информация: Азаматова Гульнара Азаматовна, e-mail: azamatova_g@mail.ru

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 25.05.2026.

Поступила после рецензирования 23.06.2026.

Принята в печать 14.07.2026.

ABOUT THE AUTHORS:

Gulnaz R. Altynbaeva — C. Sc. (Med.), ophthalmologist at the 3rd Outpatient Department, Ufa City Clinical Hospital No. 5; 93, Parkhomenko str., Ufa, 450005, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-0870-4630

Gulnara A. Azamatova — C. Sc. (Med.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Ophthalmology, Bashkir State Medical University; 3, Lenin str., Ufa, 450008, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-8158-8333

Contact information: Gulnara A. Azamatova, e-mail: azamatova_g@mail.ru

Financial Disclosure: no authors have a financial or property interest in any material or method mentioned.

There is no conflict of interest.

Received 25.05.2026.

Revised 23.06.2026.

Accepted 14.07.2026.



МАКСИМАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА ВАШИХ ГЛАЗ¹



ДС МГ RU.001.P5892 от 11.06.2026
СГР RU.77.99.32.003.R.001297.05.25 от 29.05.2025



Сбалансированный состав,
разработанный на основе
международных исследований²⁻⁵



**Максимальные дозировки
каротиноидов⁶** для заботы о Ваших глазах



Мощная антиоксидантная защита
для поддержания здоровья глаз



Дозировки лютеина **10 мг**
и зеаксантина **2 мг**,
витамина С, меди и цинка
соответствуют дозировкам
формулы **AREDS2⁵**

Реклама. ООО «Бауш Хелс».

AREDS – Age-Related Eye Disease Study – исследование возрастных заболеваний глаз.

1. Содержит максимально разрешенную в РФ дозировку лютеина и зеаксантина, максимально приближенные к формуле AREDS 2 дозировки витаминов С и цинка, меди. 2. Age-Related Eye Disease Study Research Group. «A randomized, placebo-controlled, clinical trial of high-dose supplementation with vitamins C and E, beta carotene, and zinc for age-related macular degeneration and vision loss: AREDS report no. 8.» Archives of ophthalmology 119.10 (2001): 1417. 3. Trieschmann, Meike, et al. «Changes in macular pigment optical density and serum concentrations of its constituent carotenoids following supplemental lutein and zeaxanthin: the LUNA study.» Experimental eye research 84.4 (2007): 718-728. 4. Neelam, Kumari, et al. «Carotenoids and co-antioxidants in age-related maculopathy: design and methods.» Ophthalmic epidemiology 15.6 (2008): 389-401. 5. Chew, Emily Y., et al. «Effect of omega-3 fatty acids, lutein/zeaxanthin, or other nutrient supplementation on cognitive function: the AREDS2 randomized clinical trial.» Jama 314.8 (2015): 791-801. 6. Дозировки каротиноидов соответствуют верхнему допустимому уровню потребления согласно Единым санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю), 2011 г. (Приложение №5).
RUS-OPH-OCU-08-2024-5156.

Противопоказания: индивидуальная непереносимость компонентов, беременность, кормление грудью. Перед применением рекомендуется проконсультироваться с врачом.

БАД НЕ ЯВЛЯЕТСЯ ЛЕКАРСТВЕННЫМ СРЕДСТВОМ

DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-7

Влияние реваскуляризации заднего полюса глаза на функциональные и морфометрические показатели у пациентов с промежуточной формой возрастной макулярной дегенерации

А.Е. Егоров^{1,2}, К.С. Борисова¹, А.В. Куроедов^{1,3}, Е.А. Егоров¹¹ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет), Москва, Российская Федерация²ГБУЗ МО «ПОКБ», ОСП № 4, Подольск, Российская Федерация³ФКУ «ЦВКГ им. П.В. Мандрыка» Минобороны России, Москва, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: оценка эффективности и безопасности хирургической реваскуляризации заднего сегмента глаза у пациентов с промежуточной формой возрастной макулярной дегенерации (ВМД).

Материал и методы: проведено проспективное клиническое исследование с участием 30 пациентов (20 женщин, 10 мужчин) в возрасте 60–80 лет (медиана 69 лет) с «сухой» формой ВМД категорий 2–3 по AREDS и наличием «влажной» формы ВМД на парном глазу. Всем пациентам однократно выполнялась операция реваскуляризации заднего сегмента глаза с применением аллогенного биоматериала (аллотрансплантат стимулятор регенерации). Период наблюдения составил 12 мес. Оценивали максимально скорректированную остроту зрения (МКОЗ) по таблице Сивцева, контрастную чувствительность по шкале Пелли — Робсона, а также морфометрические параметры макулярной области по данным оптической когерентной томографии (ОКТ).

Результаты исследования: статистически значимое улучшение МКОЗ с 0,60 [0,50; 0,70] до 0,70 [0,70; 0,88] ($p < 0,001$) наблюдалось у 86,7% пациентов к 12-му месяцу наблюдения. Контрастная чувствительность улучшилась с 1,20 [1,05; 1,46] до 1,50 [1,35; 1,65] ($p < 0,001$) у 96,7% пациентов. Наиболее выраженная положительная динамика МКОЗ отмечалась к 6-му месяцу после операции с сохранением достигнутого эффекта к концу периода наблюдения; контрастная чувствительность демонстрировала устойчивый прирост на всех этапах наблюдения, включая интервал 6–12 мес. По данным ОКТ уменьшение выраженности мелких и средних друз зафиксировано у 16,7% пациентов, снижение высоты крупных друз — у 43,3%; прогрессирования друзообразования не наблюдалось ни в одном случае. За весь период наблюдения не зафиксировано ни одного случая трансформации промежуточной формы ВМД в позднюю стадию — ни по неоваскулярному типу, ни в форме центральной географической атрофии. Интра- и послеоперационных осложнений не отмечено.

Заключение: применение аллогенного биоматериала (аллотрансплантат стимулятор регенерации) для реваскуляризации заднего сегмента глаза у пациентов с промежуточной ВМД способствует стойкому улучшению функциональных параметров и стабилизации морфологических показателей макулярной области с сохранением эффекта на протяжении 12 мес.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ВМД, стимулятор регенерации, AREDS, друзы, оптическая когерентная томография, ОКТ, острота зрения, контрастная чувствительность.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Егоров А.Е., Борисова К.С., Куроедов А.В., Егоров Е.А. Влияние реваскуляризации заднего полюса глаза на функциональные и морфометрические показатели у пациентов с промежуточной формой возрастной макулярной дегенерации. Клиническая офтальмология. 2026;26(3):237–243. DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-7

Effect of posterior pole revascularization on functional and morphometric parameters in patients with intermediate age-related macular degeneration

А.Е. Egorov^{1,2}, К.С. Borisova¹, А.В. Kuroyedov^{1,3}, Е.А. Egorov¹¹Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation²Podolsk Regional Clinical Hospital, Separate Structural Division no. 4, Podolsk, Russian Federation³Mandryka Central Clinical Military Hospital, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Aim: to evaluate the efficacy and safety of surgical revascularization of the posterior segment of the eye in patients with intermediate age-related macular degeneration (AMD).

Patients and Methods: a prospective clinical study was conducted involving 30 patients (20 women, 10 men) aged 60–80 years (median, 69 years) with dry AMD of AREDS categories 2–3 and the presence of wet AMD in the fellow eye. All patients underwent a single posterior-segment revascularization procedure using an allogeneic biomaterial (regeneration-stimulating allograft). The follow-up period was 12 months. Best corrected visual acuity (BCVA) was assessed using the Sivtsev chart, contrast sensitivity using the Pelli–Robson scale, and the morphometric parameters of the macular region on the basis of optical coherence tomography (OCT).

Results: a statistically significant improvement in BCVA, from 0.60 [0.50; 0.70] to 0.70 [0.70; 0.88] ($p < 0.001$), was observed in 86.7% of patients by month 12 of follow-up. Contrast sensitivity improved from 1.20 [1.05; 1.46] to 1.50 [1.35; 1.65] ($p < 0.001$) in 96.7% of patients. The most pronounced improvement in BCVA was noted by month 6 after surgery, and the effect achieved was maintained through the end of

the follow-up period; contrast sensitivity demonstrated a steady increase at all stages of follow-up, including the 6–12-month interval. OCT findings demonstrated a reduction in the extent of small and medium-sized drusen in 16.7% of patients and a decrease in the height of large drusen in 43.3% of patients; no cases of drusen progression were observed. Throughout the follow-up period, no cases of progression from intermediate age-related macular degeneration to late AMD were observed, either to the neovascular form or to central geographic atrophy. No intraoperative or postoperative complications were observed.

Conclusion: the use of an allogeneic biomaterial (regeneration-stimulating allograft) for revascularization of the posterior segment of the eye in patients with intermediate AMD promotes a sustained improvement in functional parameters and stabilization of the morphological parameters of the macular region, with the effect maintained over 12 months.

KEYWORDS: AMD, regeneration stimulator, AREDS, drusen, optical coherence tomography, OCT, visual acuity, contrast sensitivity.

FOR CITATION: Egorov A.E., Borisova K.S., Kuroyedov A.V., Egorov E.A. Effect of posterior pole revascularization on functional and morphometric parameters in patients with intermediate age-related macular degeneration. *Russian Journal of Clinical Ophthalmology*. 2026;26(3):237–243 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-7

ВВЕДЕНИЕ

Возрастная макулярная дегенерация (ВМД) является одним из наиболее распространенных хронических дегенеративных заболеваний сетчатки и ведущей причиной необратимого снижения центрального зрения у лиц старшей возрастной группы. По данным эпидемиологических исследований, ВМД занимает одно из ведущих мест в структуре возрастной инвалидности по зрению в экономически развитых странах и ассоциирована с существенным снижением качества жизни пациентов вследствие утраты способности к чтению, распознаванию лиц и выполнению повседневной зрительной работы¹ [1].

Согласно результатам крупных популяционных исследований распространенность ВМД неуклонно увеличивается вследствие глобального старения населения. По оценкам W.L. Wong et al. [2], число пациентов с данным заболеванием в мире достигло почти 196 млн в 2020 г. и может увеличиться до 288 млн к 2040 г. Российские эпидемиологические данные также свидетельствуют о высокой распространенности заболевания, при этом реальное число пациентов может существенно превышать показатели официальной статистики [3].

В настоящее время общепринятой системой стадирования заболевания является классификация Age-Related Eye Disease Study (AREDS), выделяющая раннюю, промежуточную и позднюю стадии ВМД в зависимости от выраженности друзенозных изменений, состояния ретинального пигментного эпителия (РПЭ) и наличия признаков географической атрофии либо макулярной неоваскуляризации [4]. Особый клинический интерес представляют промежуточные стадии заболевания (AREDS 2–3), которые рассматриваются как наиболее перспективное окно для патогенетического вмешательства, поскольку дегенеративный процесс уже активирован, однако структурно-функциональный резерв сетчатки еще в значительной степени сохранен [5].

Согласно современным представлениям ВМД рассматривают как многофакторное заболевание, в основе которого лежит сложное взаимодействие возрастных, генетических, метаболических и воспалительных механизмов. Ключевую роль в развитии патологического процесса играют хронический окислительный стресс, нарушение липидного обмена, дисфункция РПЭ, активация системы комплемента и воспалительных реакций, а также прогрессирующие изменения мембраны Бруха и хориокапиллярного слоя [6–9].

Высокая метаболическая активность макулярной зоны и значительное потребление кислорода создают постоянную предпосылку для образования активных форм кис-

лорода. По мере возрастного ослабления антиоксидантной защиты в клетках РПЭ накапливаются продукты перекисного окисления липидов и липофусцин. Нарушение фагоцитоза наружных сегментов фоторецепторов запускает прогрессирующее повреждение эпителиальных клеток, ремоделирование внеклеточного матрикса, утолщение мембраны Бруха и ухудшение хориоретинального обмена. Конечным результатом этого каскада становится либо формирование друз с переходом в географическую атрофию, либо активация патологического ангиогенеза с развитием хориоидальной неоваскуляризации [10–13].

Успехи антиангиогенной терапии при неоваскулярной форме ВМД очевидны, однако применительно к ранним и промежуточным стадиям заболевания картина менее оптимистична [14]. Доступные терапевтические подходы по-прежнему ограничены преимущественно стратегиями замедления прогрессирования и не перекрывают всю совокупность патогенетических мишеней. В этих условиях поиск методов, способных улучшить трофику хориоретинального комплекса и повысить резистентность тканей сетчатки к ишемическому и окислительному повреждению, остается одним из приоритетных направлений клинической офтальмологии.

В частности, заслуживают внимания подходы, направленные на улучшение регионарного кровоснабжения заднего полюса глаза. Среди подобных методов выделяется хирургическая ревааскуляризация хориоретинального комплекса с применением биоматериалов, обладающих регенераторным потенциалом, которая в последние годы вызывает нарастающий клинический и экспериментальный интерес [16]. Среди отечественных разработок в этой области выделяется аллогенный биоматериал Аллоплант, созданный для стимуляции репаративных процессов и формирования условий, благоприятных для восстановления тканевого метаболизма. На протяжении последних десятилетий различные формы Аллопланта находят применение в реконструктивной и регенеративной офтальмохирургии, в том числе при вмешательствах, ориентированных на улучшение трофики заднего отдела глаза.

Аллогенный биоматериал Аллоплант разработан в 1970-х годах Э.Р. Мулдашевым и коллегами на базе Всероссийского центра глазной и пластической хирургии (Уфа, Россия) как технология для реконструктивной и регенеративной хирургии с широким спектром применения. Его получают из донорских тканей человека путем многоэтапной специализированной обработки, цель которой — максимально снизить антигенные свойства трансплантата, не утратив его биологической активности. После имплан-

¹ Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). GBD Compare. Seattle, WA: IHME, University of Washington, 2015. (Electronic resource.) URL: <https://www.healthdata.org/data-visualization/gbd-compare> (access date: 10.06.2026).

тации материал постепенно подвергается биодegradации и замещается собственными тканями реципиента. Таким образом он выполняет роль временного тканевого матрикса, создающего условия для направленной репаративной регенерации [15–17].

Принципиальное отличие этого аллогенного биоматериала от традиционных трансплантационных материалов состоит в том, что его действие связано не столько с механическим восполнением тканевого дефекта, сколько с активацией процессов ремоделирования. Согласно данным экспериментальных и клинических исследований биологические эффекты материала реализуются через сложные межклеточные взаимодействия с участием клеток мезенхимно-макрофагальной системы, факторов роста, цитокинов и компонентов внеклеточного матрикса. Итогом этих взаимодействий становится формирование локальной биологически активной среды, способствующей клеточной миграции, ремоделированию тканей, улучшению микроциркуляции и восстановлению метаболической активности клеток [18].

Отдельного внимания заслуживает влияние биоматериала на сосудистое ремоделирование. По данным морфологических и экспериментальных работ, в зоне имплантации активируются механизмы восстановления микроциркуляторного русла, что сопровождается улучшением локального кровоснабжения и повышением тканевой устойчивости к гипоксии. Существенная роль в этих процессах, по всей видимости, принадлежит факторам роста фибробластов, тромбоцитарным факторам роста и другим регуляторным молекулам, вовлеченным в поддержание ангиогенных и репаративных реакций, хотя конкретные молекулярные механизмы остаются предметом продолжающихся исследований [19–23].

В клинической офтальмологии различные модификации Аллопланта применяются при патологии зрительного нерва, дегенеративных заболеваниях сетчатки и сосудистой оболочки, повреждениях и рубцовых изменениях роговицы, осложненной миопии, а также при состояниях, протекающих с хроническими нарушениями микроциркуляции и ишемией. Накопленные клинические наблюдения указывают на способность биоматериала улучшать зрительные функции, повышать устойчивость нервной ткани к гипоксическому воздействию и замедлять прогрессирование дегенеративных изменений [24–26].

Среди перечисленных направлений применения ревазуляризация заднего полюса глаза представляется авторам наиболее перспективной с патогенетической точки зрения. Теоретическое обоснование этого подхода строится на идее создания длительно существующей локальной репаративной реакции, которая активирует сосудистое ремоделирование, улучшает хориоретинальное кровообращение и обеспечивает метаболическую поддержку сетчатки. Предполагается, что имплантация биоматериала в области заднего полюса создает условия для поддержания функциональной активности хориоретинального комплекса прежде всего за счет улучшения местной микроциркуляции [26–29].

Совокупность экспериментальных данных и клинических наблюдений позволяет рассматривать Аллоплант как перспективный инструмент хирургической коррекции заболеваний глаза, сопровождающихся хронической ишемией и нарушением тканевой трофики. Это послужило основанием для проведения нашего исследования, целью которого стало изучение эффективности ревазуляриза-

ции заднего полюса глаза у пациентов с промежуточной формой ВМД.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проспективное клиническое исследование проводили на базе кафедры офтальмологии имени академика А.П. Нестерова Института клинической медицины в период с декабря 2024 г. по декабрь 2025 г.

В исследование было включено 30 пациентов. Медиана возраста составила 69 [64; 74] лет. Среди обследованных преобладали женщины — 20 (66,7%) человек. Исследование носило пилотный характер, объем выборки (30 пациентов) был признан достаточным для предварительной оценки безопасности и функциональной эффективности метода в течение 12 мес. наблюдения.

Критерии включения:

- пациенты обоих полов в возрасте 60–80 лет;
- установленный диагноз «сухой» формы ВМД промежуточных стадий (AREDS 2–3) на исследуемом глазу и наличие на парном глазу «влажной» формы в виде активной хориоидальной неоваскуляризации или исхода «влажной» формы ВМД.

Критерии не включения:

- установленный ранее диагноз или впервые выявленные диабетическая ретинопатия и глаукома;
- перенесенная в анамнезе окклюзия центральной артерии или центральной вены сетчатки;
- значимое нарушение прозрачности оптических сред (препятствующее проведению диагностических процедур) на исследуемом глазу;
- наличие воспалительной офтальмопатологии острого или хронического характера;
- любые офтальмохирургические операции, планируемые на момент проведения исследования, и отсутствие оперативного лечения за последние 3 мес.

Всем пациентам до начала лечения и в процессе исследования (через 1, 6 и 12 мес. после хирургического лечения) проводили комплекс диагностических обследований:

- ♦ визометрию с определением максимально скорректированной остроты зрения (МКОЗ) по таблице Сивцева;
- ♦ биомикроскопию переднего отрезка глаза и офтальмоскопию с использованием щелевой лампы и бесконтактной асферической линзы VOLK 90D;
- ♦ бесконтактную пневмотонометрию на аппарате Reichert 7;
- ♦ оценку контрастной чувствительности по таблице Пелли — Робсона;
- ♦ оптическую когерентную томографию (ОКТ) макулярной области обоих глаз на аппарате Topcon 3D OCT-1 Maestro.

С помощью ОКТ оценивали следующие параметры: количество, размер (диаметр и высоту рассчитывали с использованием линейного инструмента), общую площадь (рассчитывали с использованием обводки контура).

Пациентам выполняли ревазуляризацию заднего сегмента глаза с применением аллогенного биоматериала Аллоплант (аллотрансплантат стимулятор регенерации). Операцию проводили под местной анестезией (инстилляция 0,4% раствора инокаина) с антисептической обработкой операционного поля. В нижне-наружном квадранте глазного яблока выполняли разрез конъюнктивы

и теноновой оболочки, тупым путем формировали канал к заднему полюсу глазного яблока, через который канюлей вводили биоматериал в дозе 50 мг, разведенный в 2,0 мл физиологического раствора. Хирургическое вмешательство проводили однократно. В послеоперационном периоде пациентам назначали инстилляции антибактериального препарата в течение 7 дней и нестероидного противовоспалительного препарата в течение 1 мес.

Контрольные обследования выполняли до операции, а также через 1, 6 и 12 мес. после хирургического лечения. Общий период наблюдения составил 12 мес.

Динамику функциональных показателей оценивали по заранее установленным критериям. Для МКОЗ улучшением считали увеличение показателя на 0,1 и более относительно исходного уровня, что соответствует изменению на одну строку таблицы Сивцева; ухудшением — снижение на ту же величину. Для контрастной чувствительности по шкале Пелли — Робсона улучшением считали увеличение показателя на 0,15 log units и более, что соответствует одной ступени шкалы; ухудшением — снижение на аналогичную величину. Изменения, не достигавшие указанных порогов, расценивали как стабильное состояние. Выбранные критерии соответствуют минимальному шагу каждой из применявшихся шкал и отражают клинически различимые изменения зрительных функций.

Статистическую обработку результатов выполняли с использованием программы Statistica 13.3 (TIBCO Software Inc., США). Первичные данные заносили в электронные таблицы Microsoft Excel. Нормальность распределения оценивали с помощью критерия Шапиро — Уилка. Посколь-

ку распределение исследуемых показателей и их разностей отклонялось от нормального ($p < 0,05$), данные представлены в виде медианы и нижнего и верхнего квартилей (Me [Q1; Q3]). Для сравнения показателей в различные сроки наблюдения с исходными значениями использовали критерий Вилкоксона для связанных выборок. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Динамика функциональных показателей. Как представлено в таблице 1, на всех этапах наблюдения отмечалась положительная динамика МКОЗ. Наиболее выраженный прирост показателя фиксировали в период с 1-го по 6-й месяц после операции, после чего острота зрения стабилизировалась на достигнутом уровне. Случаев ухудшения МКОЗ на протяжении всего периода наблюдения зарегистрировано не было.

Положительная динамика была также отмечена при оценке контрастной чувствительности по шкале Пелли — Робсона на всех этапах наблюдения (табл. 2). В отличие от МКОЗ, положительная динамика показателя сохранялась и в позднем периоде — статистически значимые различия фиксировали в том числе в интервале 6–12 мес. Случаев ухудшения контрастной чувствительности зарегистрировано не было.

Динамика структурных показателей. До хирургического лечения у всех пациентов с помощью ОКТ были выявлены крупные друзы (диаметр ≥ 125 мкм), множественные друзы среднего размера, а также локальные изменения РПЭ.

Таблица 1. Изменения МКОЗ в различные сроки наблюдения

Table 1. Changes in BCVA at different follow-up time points

Этап наблюдения Follow-up stage	Значение показателя Value, Me [Q1; Q3]	Улучшение Improvement, n (%)	Стабильно Stable, n (%)	Ухудшение Deterioration, n (%)	p
До операции / Before surgery	0,60 [0,50; 0,70]	–	–	–	–
1 мес. / 1 month	0,70 [0,60; 0,80]	22 (73,3)	8 (26,7)	0 (0)	<0,001
6 мес. / 6 months	0,70 [0,62; 0,90]	27 (90,0)	3 (10,0)	0 (0)	<0,001
12 мес. / 12 months	0,70 [0,70; 0,88]	26 (86,7)	4 (13,3)	0 (0)	<0,001

Примечание. Здесь и в таблице 2: p — статистическая значимость различий по сравнению с исходными значениями (критерий Вилкоксона для связанных выборок).

При попарном сравнении между точками наблюдения: различия между 1-м и 6-м месяцами статистически значимы ($p=0,002$); между 6-м и 12-м месяцами статистически незначимы ($p=0,557$), что свидетельствует о стабилизации показателя после 6 мес. наблюдения.

Note. Here and in Table 2: p — statistical significance of the difference compared with baseline values (Wilcoxon signed-rank test for paired samples).

In the pairwise comparison between time points, the difference between months 1 and 6 was statistically significant ($p=0,002$), whereas the difference between months 6 and 12 was not ($p=0,557$), indicating stabilization of the parameter after 6 months of follow-up.

Таблица 2. Изменения контрастной чувствительности по шкале Пелли — Робсона в различные сроки наблюдения

Table 2. Changes in contrast sensitivity (Pelli — Robson scale) at different follow-up time points

Этап наблюдения Follow-up stage	Значение показателя Value, Me [Q1; Q3]	Улучшение Improvement, n (%)	Стабильно Stable, n (%)	Ухудшение Deterioration, n (%)	p
До операции / Before surgery	1,20 [1,05; 1,46]	–	–	–	–
1 мес. / 1 month	1,35 [1,20; 1,50]	20 (66,7)	10 (33,3)	0 (0)	<0,001
6 мес. / 6 months	1,43 [1,35; 1,65]	26 (86,7)	4 (13,3)	0 (0)	<0,001
12 мес. / 12 months	1,50 [1,35; 1,65]	29 (96,7)	1 (3,3)	0 (0)	<0,001

Примечание. При попарном сравнении между точками наблюдения: различия между 1-м и 6-м месяцами статистически значимы ($p < 0,001$); между 6-м и 12-м месяцами также статистически значимы ($p < 0,001$), что указывает на продолжающееся нарастание показателя на всем протяжении периода наблюдения.

Note. In the pairwise comparison between time points, the difference between months 1 and 6 was statistically significant ($p < 0,001$), and the difference between months 6 and 12 was also statistically significant ($p < 0,001$), indicating a continued increase in the parameter throughout the follow-up period.

По данным ОКТ в течение всего периода наблюдения у большинства пациентов отмечалась стабилизация морфологических изменений макулярной области. Существенного увеличения количества и размеров друз, а также расширения участков изменений РПЭ не выявлено (рис. 1, 2).

Особое значение имеет отсутствие признаков перехода промежуточной формы ВМД в поздние стадии заболевания. В течение 12 мес. наблюдения ни у одного пациента не было зарегистрировано развития неоваскулярной («влажной») формы ВМД или формирования центральной географической атрофии.

Безопасность лечения. По данным биомикроскопии и стандартного офтальмологического обследования клинически значимых нежелательных явлений не выявлено; все пациенты удовлетворительно перенесли хирургическое вмешательство. Полученные результаты указывают на благоприятный профиль безопасности ревазуляризации заднего сегмента глаза с применением аллогенного биоматериала.

Обсуждение

Исходная гипотеза исследования состояла в том, что улучшение хориоретинального кровоснабжения посредством имплантации биоматериала с регенераторным потенциалом способно оказать положительное влияние как на функциональные, так и на морфологические показатели у данной категории пациентов. Полученные результаты в целом согласуются с этой гипотезой, хотя ограничения дизайна исследования не позволяют делать окончательные выводы.

Среди основных результатов исследования следует выделить: статистически значимое повышение МКОЗ (с медианы 0,60 до 0,70; $p < 0,001$ на всех контрольных точках) и контрастной чувствительности по шкале Пелли — Робсона (с медианы 1,20 до 1,50; $p < 0,001$) у подавляющего большинства пациентов; стабилизацию морфологических изменений макулярной области по данным ОКТ без прогрессирования друзообразования; а также отсутствие случаев перехода заболевания в позднюю стадию на протяжении всего периода наблюдения.

Повышение МКОЗ было наиболее выраженным в первые 6 мес. после операции, после чего показатель стабилизировался. Данная динамика может быть объяснена постепенной активацией репаративных процессов в зоне имплантации биоматериала: согласно данным литературы, биодеградация аллогенного биоматериала сопровождается формированием локальной биологически активной среды, стимулирующей сосудистое ремоделирование, улучшение микроциркуляции и восстановление метаболической активности клеток [14–18]. Улучшение трофики наружных слоев сетчатки и РПЭ в свою очередь могло способство-

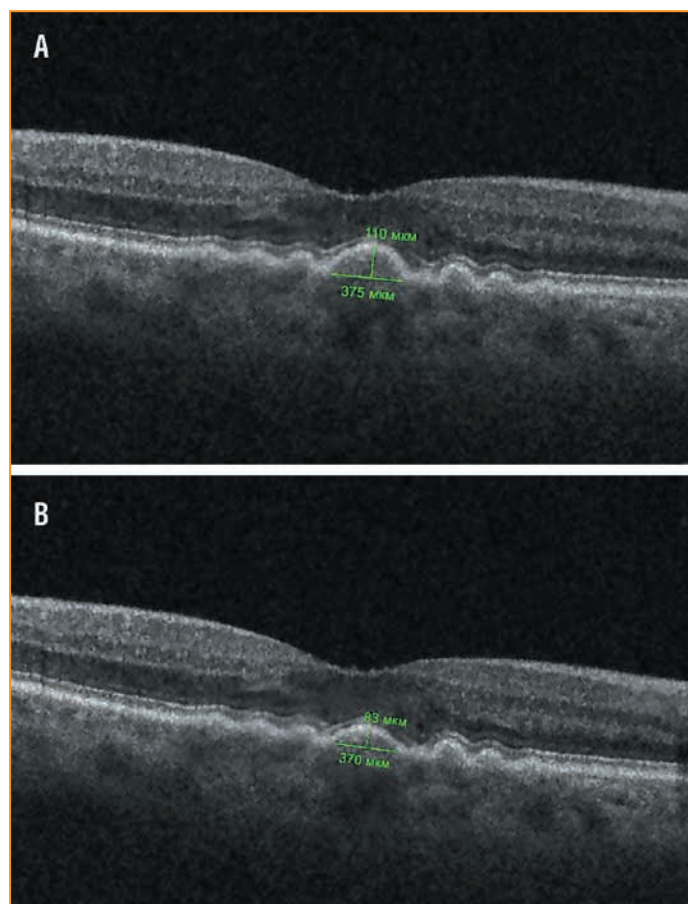


Рис. 1: ОКТ-сканы макулярной области пациента, демонстрирующие положительную динамику (снижение высоты друзы) на фоне ревазуляризации заднего сегмента глаза с применением аллогенного биоматериала: А — до операции: высота друзы 110 мкм, ширина основания 375 мкм; В — через 12 мес. после операции: высота друзы 83 мкм, ширина основания 370 мкм

Fig. 1. OCT scans of the patient's macular area, demonstrating a favorable change (a decrease in drusen height) following posterior eye segment revascularization using an allogeneic biomaterial: A — before surgery: drusen height 110 μm , basal diameter 375 μm ; B — 12 months after surgery: drusen height 83 μm , basal diameter 370 μm

вать восстановлению функциональной активности фоторецепторов. Следует, однако, подчеркнуть, что прямых доказательств этой патогенетической цепочки в рамках настоящей работы получено не было: исследование не включало методов оценки хориоретинального кровотока (флуоресцентная ангиография, ОКТ-ангиография), что не позволяет напрямую верифицировать механизм действия.

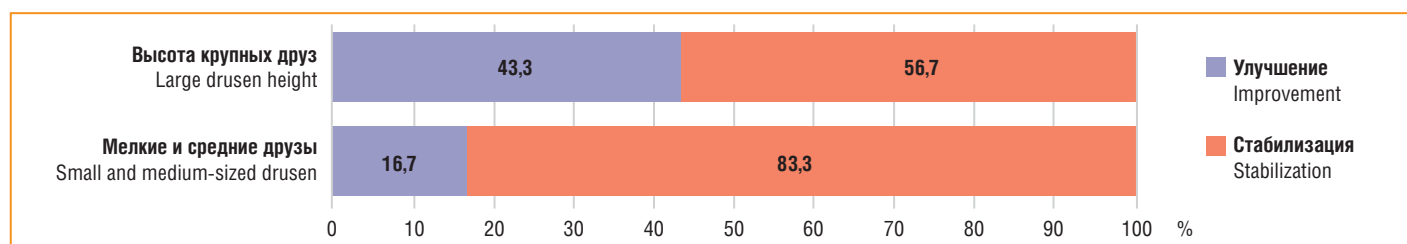


Рис. 2. Структура морфологических изменений друз по данным ОКТ через 12 мес. после ревазуляризации заднего сегмента глаза с применением аллогенного биоматериала

Fig. 2. Structure of the morphological changes in drusen on OCT 12 months after posterior eye segment revascularization using an allogeneic biomaterial

Примечательно, что в отличие от МКОЗ, контрастная чувствительность демонстрировала непрерывный прирост на всех контрольных точках, в том числе в интервале 6–12 мес. ($p < 0,001$). Эта закономерность может свидетельствовать о том, что контрастная чувствительность является более чутким индикатором медленно текущих функциональных изменений, нежели стандартная острота зрения.

Полученные результаты перекликаются с данными ранее опубликованных работ по применению изучаемого аллогенного биоматериала в офтальмологии. З.Х. Каримова [25] при обследовании пациентов с передней ишемической нейрооптикопатией зафиксировала улучшение зрительных функций после лечения Аллоплантом, что объяснялось восстановлением регионарного кровоснабжения зрительного нерва. В.У. Галимова и соавт. [26] подтвердили улучшение кровоснабжения глаза у аналогичной категории пациентов по данным инструментальных методов исследования. А.В. Свиринов и соавт. [28, 29] показали эффективность биоматериала при оптических нейропатиях, включая глаукомную, связав положительную динамику с улучшением трофики и повышением устойчивости нервной ткани к ишемии. Таким образом, результаты настоящей работы согласуются с имеющимися данными литературы, указывающими на способность биоматериала улучшать состояние тканей заднего отдела глаза.

Структурные данные ОКТ также свидетельствуют в пользу положительного влияния вмешательства. Стабилизация морфологических изменений у большинства пациентов, уменьшение выраженности друз у части из них (снижение высоты крупных друз у 43,3%) и полное отсутствие прогрессирования друзообразования — все это согласуется с современными представлениями о прогностической роли ОКТ-биомаркеров. R. Flores et al. [6] показали, что динамика друз и состояние РПЭ являются независимыми предикторами перехода к поздним стадиям ВМД. Стабилизация этих параметров в настоящем исследовании может рассматриваться как косвенное свидетельство замедления прогрессирования заболевания, хотя для однозначного вывода необходима контрольная группа.

Необходимо обозначить ключевые ограничения настоящего исследования: отсутствие контрольной группы, небольшой объем выборки (30 пациентов), период наблюдения (12 мес.), отсутствие прямой оценки хориоретинального кровотока (ОКТ-ангиографии, флуоресцентной ангиографии). Вместе с тем пилотный характер настоящей работы не снижает ее практической значимости. Полученные результаты могут служить основанием для внедрения ревазуляризации заднего сегмента глаза с применением биоматериала Аллоплант в клиническую практику в качестве дополнительного метода лечения пациентов с промежуточной формой ВМД, прежде всего в группах риска быстрого прогрессирования (при наличии «влажной» формы на парном глазу, как в настоящей выборке).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное проспективное клиническое исследование показало, что применение аллогенного биоматериала (аллотрансплантат стимулятор регенерации) для ретросклерального пломбирования у пациентов с промежуточной формой ВМД сопровождается положительными функциональными и структурными изменениями.

Хирургическая ревазуляризация заднего сегмента глаза обеспечивала статистически значимое улучшение МКОЗ

и контрастной чувствительности, сохранявшееся на протяжении 12 мес. наблюдения.

По данным ОКТ зафиксирована стабилизация морфологических изменений макулярной области: прогрессирования друзообразования не отмечалось, признаков перехода заболевания в позднюю стадию выявлено не было.

Интраоперационных и послеоперационных осложнений не зарегистрировано, что свидетельствует о приемлемом профиле безопасности вмешательства.

В совокупности полученные результаты позволяют рассматривать ревазуляризацию заднего сегмента глаза с применением аллогенного биоматериала (аллотрансплантат стимулятор регенерации) как патогенетически обоснованный подход, направленный на улучшение функционального состояния сетчатки и стабилизацию дегенеративного процесса при промежуточной форме ВМД. Вместе с тем для окончательной оценки эффективности метода необходимы рандомизированные контролируемые исследования с большей численностью пациентов и расширенным периодом наблюдения. ▲

Литература / References

1. Wang Y., Zhong Y., Zhang L. et al. Global Incidence, Progression, and Risk Factors of Age-Related Macular Degeneration and Projection of Disease Statistics in 30 Years: A Modeling Study. *Gerontology*. 2022;68(7):721–735. DOI: 10.1159/000518822
2. Wong W.L., Su X., Li X. et al. Global prevalence of age-related macular degeneration and disease burden projection for 2020 and 2040: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Glob Health*. 2014;2(2):e106–116. DOI: 10.1016/S2214-109X(13)70145-1
3. Ивахненко О.И., Нероев В.В., Зайцева О.В. Возрастная макулярная дегенерация и диабетическое поражение глаз. Социально-экономические аспекты заболеваемости. *Вестник офтальмологии*. 2021;137(1):123–129. DOI: 10.17116/oftalma202113701123
4. Ivakhnenko O.I., Neroev V.V., Zaitseva O.V. Age-related macular degeneration and diabetic eye lesions: socio-economic aspects of morbidity. *Vestnik Oftalmologii*. 2021;137(1):123–129 (in Russ.). DOI: 10.17116/oftalma202113701123
5. Ferris F.L., Wilkinson C.P., Bird A. et al. Initiative for Macular Research Classification Committee. Clinical classification of age-related macular degeneration. *Ophthalmology*. 2013;120(4):844–851. DOI: 10.1016/j.ophtha.2012.10.036
6. Buonfiglio F., Korb C.A., Stoffelns B. et al. Recent advances in our understanding of age-related macular degeneration: mitochondrial dysfunction, redox signaling, and the complement system. *Aging Dis*. 2024;16(3):1535–1575. DOI: 10.14336/AD.2024.0124
7. Flores R., Carneiro Á., Tenreiro S., Seabra M.C. Retinal progression biomarkers of early and intermediate age-related macular degeneration. *Life*. 2021;12:36. DOI: 10.3390/life12010036
8. Kushwah N., Bora K., Maurya M. et al. Oxidative Stress and Antioxidants in Age-Related Macular Degeneration. *Antioxidants (Basel)*. 2023;12(7):1379. DOI: 10.3390/antiox12071379
9. Lin J.B., Murakami Y., Miller J.W., Vavvas D.G. Neuroprotection for Age-Related Macular Degeneration. *Ophthalmol*. 2022;2(4):100192. DOI: 10.1016/j.xops.2022.100192
10. Wubben T.J., Zacks D.N., Besirli C.G. Retinal neuroprotection: current strategies and future directions. *Curr Opin Ophthalmol*. 2019;30(3):199–205. DOI: 10.1097/ICU.0000000000000558
11. Handa J.T., Bowes Rickman C., Dick A.D. et al. A systems biology approach towards understanding and treating non-neovascular age-related macular degeneration. *Nat Commun*. 2019;10(1):3347. DOI: 10.1038/s41467-019-11262-1
12. Будзинская М.В. Возрастная макулярная дегенерация. *Вестник офтальмологии*. 2014;6:56–60.
13. Budzinskaya M.V. Age-related macular degeneration. *Vestnik Oftalmologii*. 2014;6:56–60 (in Russ.).
14. Garcia-Garcia J., Usategui-Martin R., Sanabria M.R. et al. Pathophysiology of Age-Related Macular Degeneration: Implications for Treatment. *Ophthalmic Res*. 2022;65(6):615–636. DOI: 10.1159/000524942
15. Ambati M., Ambati S., Rao A.M. et al. Age-Related Macular Degeneration Revisited: From Pathology and Cellular Stress to Potential Therapies. *Front Cell Dev Biol*. 2021;8:612812. DOI: 10.3389/fcell.2020.612812
16. Shirian J.D., Shukla P., Singh R.P. Exploring New Horizons in Neovascular Age-Related Macular Degeneration: Novel Mechanisms of Action and Future Therapeutic Avenues. *Eye (Lond)*. 2024;39(1):40–44. DOI: 10.1038/s41433-024-03373-x
17. Махнина П.О. История препарата «Аллоплант» и использование его в офтальмологии. *Вестник оперативной хирургии и топографической анатомии*. 2023;1(2(09)):26–30.
18. Makhnina P.O. History of the drug "Alloplant" and its use in ophthalmology. *Bulletin of operative surgery and topographic anatomy*. 2023;1(2(09)):26–30 (in Russ.).
19. Muldashev E.R., Muslimov S.A., Nigmatullin R.T. et al. Basic Research Conducted on Alloplant Biomaterials. *European Journal of Ophthalmology*. 1999;9(1):8–13. DOI: 10.1177/112067219900900102
20. Мулдашев Э.Р., Муслимов С.А. Биологические основы применения биоматериалов в регенеративной хирургии. *Рефракционная хирургия*. 2003;(1).

- Muldashev E.R., Muslimov S.A. Biological foundations of biomaterial application in regenerative surgery. *Refractive Surgery*. 2003;(1) (in Russ.).
18. Мулдашев Э.Р., Кадыров Р.З., Гареев Э.М. Использование биоматериала Аллоплант в послойной барьерной кератопластике сосудистой лейкомы роговицы. *Рефракционная хирургия*. 2003;(2).
- Muldashev E.R., Kadyrov R.Z., Gareev E.M. Use of Allopant biomaterial in lamellar barrier keratoplasty for vascular corneal leukoma. *Refractive Surgery*. 2003;(2) (in Russ.).
19. Мулдашев Э.Р., Нигматуллин Р.Т., Мухамеджанова Ж.Р. и др. Новые сферы применения инъекционных лекарственных форм биоматериала Аллоплант. *Регенеративная хирургия*. 2003;(2).
- Muldashev E.R., Nigmatullin R.T., Mukhamedzhanova Zh.R. et al. New applications of injectable forms of Allopant biomaterial. *Regenerative Surgery*. 2003;(2) (in Russ.).
20. Родионов О.В. Сочетанная ревазуляризирующая операция в лечении диабетической ретинопатии. *Регенеративная хирургия*. 2003;(2).
- Rodionov O.V. Combined Revascularization Surgery in the Treatment of Diabetic Retinopathy. *Regenerative Surgery*. 2003;(2) (in Russ.).
21. Мулдашев Э.Р. Технология «Аллоплант» как инновационная модель регенеративной хирургии. *Практическая медицина*. 2019;17(1):12–16.
- Muldashev E.R. "Allopant" technology as the innovational model of regenerative surgery. *Practical medicine*. 2019;17(1):12–16 (in Russ.).
22. Мулдашев Э.Р., Галимова В.У., Нураева А.Б. Регенеративная хирургия век с использованием биоматериалов «Аллоплант» как технология здравоохранения. *Практическая медицина*. 2016;(6):93–98.
- Muldashev E.R., Galimova V.U., Nuraeva A.B. Regenerative eyelid surgery using Allopant biomaterials as a healthcare technology. *Practical Medicine*. 2016;(6):93–98 (in Russ.).
23. Кульбаев Н.Д., Соловьева Е.П. Формирование век при синдроме аффарона-макростомии. *Медицинский вестник Башкортостана*. 2021;16(4):46–49.
- Kulbaev N.D., Solovyeva E.P. Eyelid reconstruction in ablepharon-macrostromia syndrome. *Medical Bulletin of Bashkortostan*. 2021;16(4):46–49 (in Russ.).
24. Мусина Л.А., Шакиров Р.Ф., Галимова В.У. и др. Биоматериал «Аллоплант» как ингибитор рубцевания поврежденной роговицы (иммуногистохимическое исследование). *Практическая медицина*. 2019;17(1):112–116.
- Musina L.A., Shakirov R.F., Galimova V.U. et al. Allopant biomaterial as the inhibitor of scarring the damaged cornea (immunohistochemical study). *Prakticheskaya meditsina*. 2019;17(1):112–116 (in Russ.).
25. Каримова З.Х. Динамика остроты зрения и границ поля зрения у больных с передней ишемической нейрооптикопатией после лечения биоматериалом «Аллоплант». *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2012;(12):102–106.
- Karimova Z.Kh. Dynamics of visual acuity and visual field boundaries in patients with anterior ischemic optic neuropathy after treatment with Allopant biomaterial. *Vestnik Orenburgskogo Gosudarstvennogo Universiteta*. 2012;(12):102–106 (in Russ.).
26. Галимова В.У., Верзакова И.В., Каримова З.Х., Гареев Э.М. Оценка состояния кровоснабжения глаза у пациентов с передней ишемической нейрооптикопатией после хирургического лечения с применением биоматериала Аллоплант. *Офтальмология*. 2013;10(1):32–35. DOI: 10.18008/1816-5095-2013-1-32-35
- Galimova V.U., Verzakova I.V., Karimova Z.Kh., Gareev E.M. Assessment of ocular blood supply in patients with anterior ischemic optic neuropathy after surgical treatment using Allopant biomaterial. *Ophthalmology in Russia*. 2013;10(1):32–35 (in Russ.). DOI: 10.18008/1816-5095-2013-1-32-35
27. Каныков В.Н., Чеснокова Е.Ф. Комбинированная ревазуляризация хориоидеи и цилиарного тела безлоскутным способом. *Вестник ОГУ*. 2009;(12):65–67.
- Kanyukov V.N., Chesnokova E.F. Combined revascularization of the choroid and ciliary body using a flapless technique. *Vestnik OGU*. 2009;(12):65–67 (in Russ.).
28. Свиринов А.В., Обруч Б.В., Богомолов А.В. Применение биоматериалов «Аллоплант» в комплексном лечении оптических нейропатий. *РМЖ. Клиническая офтальмология*. 2007;(2):88–91.
- Svirin A.V., Obruch B.V., Bogomolov A.V. Application of Allopant biomaterials in the complex treatment of optic neuropathies. *RMJ Clinical Ophthalmology*. 2007;(2):88–91 (in Russ.).
29. Свиринов А.В., Кийко Ю.И., Богомолов А.В., Большаков Я.Ю. Эффективность аутобиотерапии биоматериалом Аллоплант в лечении глаукомной оптической нейропатии. *Российская детская офтальмология*. 2014;(1):12–15.
- Svirin A.V., Kiiko Yu.I., Bogomolov A.V., Bolshakov Ya.Yu. Effectiveness of autobiotherapy with Allopant biomaterial in the treatment of glaucomatous optic neuropathy. *Russian Pediatric Ophthalmology*. 2014;(1):12–15 (in Russ.).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Егоров Алексей Евгеньевич — д.м.н., профессор, заведующий офтальмологическим отделением ГБУЗ МО «ПОКБ», ОСП № 4; 142133, Россия, г. Подольск, мкр-н Кузнечики, Парковый пр-д, д. 9, к. 1; профессор кафедры офтальмологии имени академика А.П. Нестерова Института клинической медицины ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет); 117513, Россия, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1, стр. 6; ORCID iD 0000-0003-2637-1830

Борисова Ксения Сергеевна — аспирант кафедры офтальмологии имени академика А.П. Нестерова Института клинической медицины ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Уни-

верситет); 117513, Россия, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1, стр. 6; ORCID iD 0000-0002-9770-5896

Куроедов Александр Владимирович — д.м.н., заведующий кафедрой офтальмологии имени академика А.П. Нестерова Института клинической медицины ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет); 117513, Россия, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1, стр. 6; начальник офтальмологического центра (с дневным стационаром) ФКУ «ЦВКГ им. П.В. Мандрыка»; 107014, Россия, г. Москва, ул. Б. Оленья, д. 8А; ORCID iD 0000-0001-9606-0566

Егоров Евгений Алексеевич — д.м.н., профессор кафедры офтальмологии имени академика А.П. Нестерова Института клинической медицины ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет); 117513, Россия, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1, стр. 6; ORCID iD 0000-0002-6495-7173

Контактная информация: Борисова Ксения Сергеевна, e-mail: ksushanja111@gmail.com

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 18.06.2026.

Поступила после рецензирования 10.07.2026.

Принята в печать 30.07.2026.

ABOUT THE AUTHORS:

Alexey E. Egorov — Dr. Sc. (Med.), Professor, Head of the Ophthalmological Department, Podolsk Regional Clinical Hospital, Separate Structural Division No. 4; 9 bldg. 1, Parkovyy proezd, Kuznechiki district, Podolsk, 142133, Russian Federation; Professor of the Acad. A.P. Nesterov Department of Ophthalmology, Faculty of Clinical Medicine, Pirogov Russian National Research Medical University; 1 bldg. 6, Ostrovityanova str., Moscow, 117513, Russian Federation; ORCID iD 0000000326371830

Kseniya S. Borisova — Postgraduate Student of the Acad. A.P. Nesterov Department of Ophthalmology, Faculty of Clinical Medicine, Pirogov Russian National Research Medical University; 1 bldg. 6, Ostrovityanova str., Moscow, 117513, Russian Federation; ORCID iD 0000000297705896

Aleksandr V. Kuroyedov — Dr. Sc. (Med.), Head of the Acad. A.P. Nesterov Department of Ophthalmology, Faculty of Clinical Medicine, Pirogov Russian National Research Medical University; 1 bldg. 6, Ostrovityanova str., Moscow, 117513, Russian Federation; Head of the Ophthalmological Center (with Day Hospital), Mandryka Military Clinical Hospital; 8A, Bolshaya Olenya str., Moscow, 107014, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-9606-0566

Evgeniy A. Egorov — Dr. Sc. (Med.), Professor, Honorary Professor of the Acad. A.P. Nesterov Department of Ophthalmology, Faculty of Clinical Medicine, Pirogov Russian National Research Medical University; 1 bldg. 6, Ostrovityanova str., Moscow, 117513, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-6495-7173

Contact information: Kseniya S. Borisova, e-mail: ksushanja111@gmail.com

Financial Disclosure: no authors have a financial or property interest in any material or method mentioned.

There is no conflict of interest.

Received 18.06.2026.

Revised 10.07.2026.

Accepted 30.07.2026.

alloplant®



АЛЛОТРАНСПЛАНТАТ (АТ) ДЛЯ СКЛЕРОПЛАСТИКИ ПРИ ВЫСОКОЙ ПРОГРЕССИРУЮЩЕЙ МИОПИИ
предназначен для укрепления склеры. Преимущества: отсутствие выраженной иммунной реакции и надёжный склероукрепляющий эффект – 3 674 руб.*

АТ ДЛЯ ПЛАСТИКИ КОНЪЮНКТИВЫ
предназначен для замещения дефектов конъюнктивы глазного яблока и век. Преимущества: достаточный объем, моделируемость, эффективность хирургического лечения обширных дефектов после удаления птеригиума, опухолей, симблефарона и пластики фильтрационных подушек: тотальный – 2 948 руб.*, частичный – 1 991 руб.*

АТ ДЛЯ ПОСЛОЙНОЙ КЕРАТОПЛАСТИКИ
предназначен для замещения дефектов роговицы при хирургическом лечении последствий кератитов, язв, бельма. АТ замещается в течение 2-4 месяцев и позволяет достичь надежного и эффективного результата:
Ø до 8 мм – 3 751 руб.*, Ø 9-11 мм – 4 125 руб.*

АТ ДЛЯ АУТОЛИМФОСОРБЦИИ
вводится в супрахориоидальное пространство и активно дренирует его при тромбозе, гемофтальме, влажных формах хориоретинальной патологии сетчатки – 2 167 руб.*

АТ ДЛЯ РЕВАСКУЛЯРИЗАЦИИ ХОРИОИДЕИ И ЗРИТЕЛЬНОГО НЕРВА
вводится в супрахориоидальное пространство для лечения пигментного ретинита, атрофии зрительного нерва различного генеза, хориоретинальной и другой патологии сетчатки – 2 211 руб.* и 2 189 руб.*

АТ ДЛЯ ХИРУРГИИ СТИМУЛЯТОР РЕГЕНЕРАЦИИ
участвует в построении основного вещества соединительной ткани, в регулировке процессов роста и дифференцировки клеток: 150 мг – 6 149 руб.*, 50 мг – 2 486 руб.*

АТ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОЙ КУЛЬТИ ПОСЛЕ ЭНУКЛЕАЦИИ ГЛАЗНОГО ЯБЛОКА
предназначен для имплантации в орбиту при создании протезной культи. Преимущества: хорошо моделируется и приживляется – 5 291 руб.*

АТ ДЛЯ АКУПУНКТУРНОГО ВВЕДЕНИЯ: ИНТЕНСИВНОГО И МЯГКОГО ДЕЙСТВИЯ
для введения в биологически активные точки, нормализует состояние гомеостаза, общерегуляторные механизмы обменных процессов; повышаются защитные функции организма, активизируются процессы регенерации: 50 мг – 6 919 руб.*, 30 мг – 4 136 руб.*

Лаборатория консервации тканей



e-mail: lkt.or@mail.ru

+7 (347) 224-68-18

Республика Башкортостан, Уфа, Р. Зорге, 67/1



Высшая школа регенеративной, глазной
и пластической хирургии ФГБОУ ВО
БГМУ Минздрава России



Курсы повышения квалификации



- «Применение биоматериала Аллоплант в лечении заболеваний переднего отрезка глаза, сетчатки и зрительного нерва»
- «Пластическая и реконструктивная офтальмохирургия»
- «Хирургическое лечение глаукомы»

e-mail: rps@bashgmu.ru
+7 (347) 224-68-11

DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-8

Изменения протеома слезной жидкости при воздействии ионизирующего излучения: обзор литературы

Л.Р. Тахауова^{1,2}, О.И. Кривошеина², Е.А. Горбунова², Т.А. Жигальская²¹ФГБУН СБН Центр ФМБА России, Северск, Российская Федерация²ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России, Томск, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Слезная жидкость (СЖ) представляет собой перспективную неинвазивную диагностическую среду, отражающую локальные и системные патологические изменения организма. Актуальность изучения протеомного профиля слезы обусловлена значительной численностью групп риска: около 420 тыс. работников атомной отрасли в Российской Федерации, подвергающихся хроническому воздействию малых доз ионизирующего излучения, и сотни тысяч онкологических пациентов, получающих лучевую терапию, у которых частота развития синдрома «сухого глаза» достигает 50%.

Воздействие ионизирующего излучения вызывает комплексные молекулярные сдвиги в протеоме слезы, включая активацию антиоксидантных систем (PRDX1, TXN), усиление воспалительного ответа (S100A8/A9, TNF- α), изменение иммуноглобулинового профиля и повышение содержания маркеров повреждения эпителия (кератины KRT14, KRT19). Перестройка слезного протеома включает три фазы: раннюю (компенсаторная активация антиоксидантов и рост содержания воспалительных белков); адаптационную (стабилизация уровня восстановительных белков и активация ангиогенеза) и хроническую (истощение защитных систем и хронизация воспаления). Протеомный анализ СЖ, выполняемый методами жидкостной хроматографии и масс-спектрометрии высокого разрешения, обладает значительным потенциалом для ранней диагностики поражений глазной поверхности и мониторинга состояния организма при радиационном воздействии. Разработка стандартизированных протеомных панелей биомаркеров открывает возможности для персонализированного мониторинга онкологических пациентов и раннего выявления различных заболеваний у работников атомной отрасли. Внедрение неинвазивных протеомных тестов может существенно улучшить профилактику и лечение осложнений, обеспечив переход от симптоматической терапии к превентивной медицине, а также снизить экономические потери от профессиональных заболеваний.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: слезная жидкость, протеом, глазная поверхность, ионизирующее излучение, радиационное повреждение, синдром сухого глаза, биомаркеры, офтальмология.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Тахауова Л.Р., Кривошеина О.И., Горбунова Е.А., Жигальская Т.А. Изменения протеома слезной жидкости при воздействии ионизирующего излучения: обзор литературы. Клиническая офтальмология. 2026;26(3):244–249. DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-8

Changes in the tear fluid proteome under exposure to ionizing radiation: a literature review

L.R. Takhauova^{1,2}, O.I. Krivosheina², E.A. Gorbunova², T.A. Zhigalskaya²¹Seversk Biophysical Research Center, FMBA of Russia, Seversk, Russian Federation²Siberian State Medical University, Tomsk, Russian Federation

ABSTRACT

Tear fluid represents a promising non-invasive diagnostic medium that reflects both local and systemic pathological changes in the body. The relevance of studying the tear proteomic profile is driven by the significant size of at-risk populations: approximately 420,000 nuclear industry workers in the Russian Federation chronically exposed to low doses of ionizing radiation, and hundreds of thousands of oncology patients undergoing radiotherapy, among whom the incidence of dry eye disease may reach 50%.

Exposure to ionizing radiation induces complex molecular shifts in the tear proteome, including activation of antioxidant systems (PRDX1, TXN), an enhanced inflammatory response (S100A8/A9, TNF- α), alteration of the immunoglobulin profile, and an increase in epithelial damage markers (keratins KRT14, KRT19). Remodeling of the tear proteome progresses through three phases: an early phase (compensatory activation of antioxidants and increased levels of inflammatory proteins), an adaptive phase (stabilization of restorative protein levels and activation of angiogenesis), and a chronic phase (depletion of protective systems and chronic inflammation).

Proteomic analysis of tear fluid, performed by liquid chromatography and high-resolution mass spectrometry, holds significant potential for the early diagnosis of ocular surface damage and monitoring of the body's condition under radiation exposure. The development of standardized proteomic biomarker panels opens opportunities for personalized monitoring of oncology patients and the early detection of various diseases in nuclear industry workers. The implementation of non-invasive proteomic tests could substantially improve the prevention and treatment of complications, enabling a shift from symptomatic therapy to preventive medicine, and reducing economic losses from occupational diseases.

KEYWORDS: tear fluid, proteome, ocular surface, ionizing radiation, radiation damage, dry eye disease, biomarkers, ophthalmology.

FOR CITATION: Takhauova L.R., Krivosheina O.I., Gorbunova E.A., Zhigalskaya T.A. Changes in the tear fluid proteome under exposure to ionizing radiation: a literature review. Russian Journal of Clinical Ophthalmology. 2026;26(3):244–249 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-8

ВВЕДЕНИЕ

Орган зрения относится к числу высокочувствительных систем организма, подвергающихся воздействию различных неблагоприятных экзогенных факторов, включая ионизирующее излучение (ИИ). Актуальность изучения радиационно-индуцированных поражений глазной поверхности обусловлена несколькими обстоятельствами.

Во-первых, в Российской Федерации численность работников атомной отрасли достигает 420 тыс. человек [1], из которых значительная часть регулярно подвергается профессиональному облучению в диапазоне малых доз. Несмотря на то, что пороговая доза для развития лучевой катаракты определена на уровне 0,5 Гр [2], а предел дозы облучения хрусталика глаза установлен в 20 мЗв в год [2], вопросы влияния хронического низкоинтенсивного облучения на передний отрезок глаза и глазную поверхность остаются недостаточно изученными.

Во-вторых, в онкологической практике лучевая терапия является критически важным методом лечения: в России ежегодно регистрируется около 674 тыс. случаев злокачественных новообразований [3]. При этом у пациентов, получающих облучение опухолей головы и шеи, частота развития синдрома «сухого глаза» (ССГ) варьирует от 6% (при дозе 35–40 Гр) до 50% (при дозе 45–50 Гр) [4], что существенно снижает качество жизни и ограничивает возможности реабилитации.

В-третьих, профессиональные заболевания наносят существенный экономический ущерб Российской Федерации за счет снижения производительности труда, расходов на лечение и социальные выплаты [5, 6].

Несмотря на очевидную значимость проблемы, в настоящее время отсутствуют комплексные исследования, посвященные молекулярным механизмам радиационного повреждения глазной поверхности и разработке неинвазивных методов его ранней диагностики. Традиционные методы биодозиметрии (цитогенетический анализ, измерение фосфорилированной формы гистона H2AX (γ -H2AX)) являются инвазивными и не отражают органоспецифических изменений.

Цель настоящего обзора: систематизировать данные о протеомных изменениях слезной жидкости (СЖ) при воздействии ИИ, оценить патогенетические механизмы радиационно-индуцированных поражений глазной поверхности и определить диагностический потенциал протеомного анализа слезы как неинвазивного инструмента мониторинга состояния организма при радиационном воздействии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Поиск литературы проводился в базах данных PubMed, Scopus, Web of Science, eLibrary и «КиберЛенинка» за период с 2020 по 2026 г. Использовались следующие ключевые слова и их комбинации: tear film proteomics, dry eye syndrome, ionizing radiation, ocular surface, biomarkers, oxidative stress, radiation-induced damage, proteomics, liquid chromatography-mass spectrometry, слезная жидкость, протеомика, ионизирующее излучение, синдром сухого глаза, биомаркеры.

Критерии включения: оригинальные исследования, систематические обзоры и метаанализы, посвященные протеомному составу СЖ в норме и при патологии, влиянию ИИ на орган зрения, молекулярным механизмам радиационно-

го повреждения тканей. **Критерии исключения:** материалы конференций без рецензирования, дублирующиеся публикации, исследования без оригинальных данных.

Всего было проанализировано 65 источников, из которых 33 включены в настоящий обзор как наиболее релевантные.

ПРОТЕОМ СЖ: СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

Слезная жидкость представляет собой специализированную биологическую среду, обеспечивающую поддержание структурной и функциональной целостности глазной поверхности. Она выполняет не только механическую и оптическую роль, но и активно участвует в иммунной защите, регуляции воспаления, антиоксидантной нейтрализации активных форм кислорода (АФК) и поддержании барьерных свойств эпителия. Благодаря доступности и неинвазивности получения СЖ рассматривается как перспективная диагностическая среда, отражающая локальные и системные патологические изменения организма [7–9].

Развитие методов высокоразрешающего протеомного анализа, прежде всего жидкостной хроматографии и масс-спектрометрии, позволило существенно расширить представления о белковом составе СЖ. Согласно данным современных исследований [7, 10] протеомный состав слезы включает от нескольких сотен до более чем тысячи белков в зависимости от глубины проводимого анализа.

Согласно опубликованным данным [8] в протеомном составе СЖ здоровых доноров идентифицировано 837 белков, из которых 229 ($\approx 27\%$) обнаруживаются во всех образцах и классифицируются как основные (консервативные), а 608 ($\approx 73\%$) демонстрируют индивидуальную вариабельность и относятся к уникальным. Основные белки обеспечивают базовые физиологические функции глазной поверхности, включая антимикробную защиту, регуляцию иммунного ответа, антиоксидантную стабилизацию и поддержание структурной целостности эпителиального барьера [8]. К числу таких молекул относятся лактоферрин, лизоцим, липокалин 1, секреторные иммуноглобулины, S100-белки, компоненты комплемента и ряд антиоксидантных белков. Стабильность данного ядра протеомного состава определяет устойчивость слезной пленки к внешним воздействиям и критически важна для сохранения гомеостаза глазной поверхности [11].

Наряду с этим значительную часть протеома в норме составляют уникальные белки, уровни которых существенно различаются между индивидуумами и изменяются в ответ на физиологические и патологические стимулы [8]. Данная группа белков отражает состояние эпителия, активность иммунной системы, локальные метаболические и гормональные сдвиги, а также адаптационные реакции на стресс. Уникальная часть протеома включает белки воспаления, ангиогенеза, клеточной адгезии, цитоскелетной организации и энергетического обмена. Именно состояние данного компонента рассматривается как наиболее информативное с точки зрения диагностики и мониторинга патологических состояний [8].

ВЛИЯНИЕ ИИ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Ионизирующее излучение является одним из наиболее мощных экзогенных факторов, способных вызывать комплексные молекулярные и клеточные нарушения

[12, 13]. Биологическое действие ИИ реализуется за счет прямого и косвенного механизмов повреждения. Прямое действие связано с поглощением энергии макромолекулами, что приводит к разрыву химических связей и утрате биологической активности. Однако основную роль играет косвенный механизм, обусловленный радиолизом воды и последующим образованием АФК и активных форм азота [12–14].

Образующиеся АФК (супероксидный анион, гидроксильный радикал, перекись водорода, пероксинитрит) инициируют каскад окислительных реакций. Белки подвергаются карбонилированию, окислению тиоловых групп, фрагментации полипептидных цепей. Эти процессы приводят к изменению каталитической активности ферментов и накоплению токсичных белковых продуктов, формируя состояние хронического оксидативного стресса — центрального патогенетического звена радиационного повреждения [15].

На клеточном уровне действие ИИ сопровождается активацией стресс-ассоциированных сигнальных путей (NF- κ B, p53, AP-1, NRF2). Активация данных путей приводит к усилению синтеза провоспалительных цитокинов и хемокинов, что способствует развитию стерильного воспаления и нарушению тканевого гомеостаза [16]. Иммунная система высокочувствительна к радиации: высокая радиочувствительность лимфоцитов индуцирует их апоптоз и снижение продукции иммуноглобулинов, одновременно с этим активация провоспалительных каскадов может запускать хроническое воспаление и аутоиммунные реакции [17, 18].

Радиационное повреждение микроциркуляторного русла сопровождается эндотелиальной дисфункцией, повышением проницаемости сосудистой стенки и нарушением кровотока [19, 20]. В этом контексте особое значение имеет активация ангиогенеза и ремоделирования внеклеточного матрикса. Существенным компонентом ответа является метаболическая перестройка: повреждение митохондрий ведет к переключению энергетического обмена на гликолиз и активации сигнальных путей, включая mTOR [15, 21]. Развитие совокупности указанных процессов сопровождается выраженными изменениями протеомного профиля биологических жидкостей (плазмы крови, слюны), что свидетельствует о системном характере радиационно-индуцированных перестроек [22–24].

ПОВРЕЖДАЮЩЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ИИ НА ОРГАН ЗРЕНИЯ

Орган зрения относится к числу высокочувствительных к ИИ систем [25, 26]. Эпителий роговицы и конъюнктивы обладает высокой чувствительностью к АФК из-за интенсивного метаболизма и ограниченных резервов антиоксидантной защиты. Свободные радикалы повреждают мембранные липиды и белки цитоскелета, нарушая целостность барьера и запуская апоптотические каскады [27–29]. Существенную роль играет воспалительный компонент: активация NF- κ B-зависимых путей приводит к индукции хронической воспалительной реакции [30]. Отмечаются инфильтрация тканей иммунными клетками и нарушение микроциркуляции с повышением сосудистой проницаемости, что усугубляет тканевую гипоксию.

Повреждение эпителия сопровождается снижением секреторной активности, нарушением муциновой про-

дукции и нестабильностью слезной пленки [31], что клинически манифестирует ССГ. Системное влияние ИИ на иммунную регуляцию отражается и на локальном иммунитете глазной поверхности [26]. На уровне тканевой архитектуры радиационное воздействие сопровождается нарушением процессов регенерации: повреждение стволовых клеток снижает регенераторный потенциал, а активация фиброгенных путей способствует развитию фиброзных изменений [32, 33]. В совокупности указанные процессы формируют патогенетическую основу радиационно-индуцированных поражений, включая кератоконъюнктивиты, эпителиопатии и ССГ.

ИЗМЕНЕНИЯ ПРОТЕОМА СЖ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ИИ

На основании известных молекулярно-биологических эффектов ИИ можно предположить, что радиационное воздействие будет сопровождаться выраженной перестройкой белкового профиля слезной пленки, затрагивающей системы антиоксидантной защиты, иммунной регуляции, структурной целостности эпителия и метаболизма.

1. *Изменения антиоксидантных белков.* В составе нормальной СЖ присутствуют ключевые антиоксидантные белки: пероксиредоксин 1 (Peroxiredoxin-1, PRDX1), тиоредоксин (Thioredoxin, TXN), гаптоглобин (Haptoglobin, HP), серотрансферин (Serotransferrin, TF), аполипопротеин А1 (Apolipoprotein A-I, APOA1) [8, 10, 33]. При длительном радиационном воздействии прогнозируется повышение концентрации PRDX1 и TXN как компонентов редокс-системы, компенсирующих генерацию АФК; увеличение уровней TF и HP в рамках ответа острой фазы. На поздних стадиях возможно истощение антиоксидантного потенциала.
2. *Иммунорегуляция.* Система иммунорегуляции в норме представлена секреторными иммуноглобулинами класса А (IgA), компонентами IgG и модуляторами иммунного ответа [33]. В СЖ облученных лиц следует ожидать возможного снижения уровней Ig на фоне системной иммуносупрессии, но при локальном воспалении, напротив, повышения уровня IgA. Прогнозируется рост концентрации воспалительных белков (S100A8/S100A9, TNF- α , CD163, SFTPD).
3. *Цитоскелетные и эпителиальные белки.* В нормальной слезе значимую роль играют кератины (KRT1, KRT14, KRT19), малые пролин-богатые белки (SPRR2B) и белки цитоскелета (Vimentin, Cofilin) [33]. В связи с десквамацией и апоптозом эпителия ожидается повышение концентрации кератинов в СЖ, а также изменение белков клеточной адгезии (DSG1, PFN1).
4. *Белки ангиогенеза и внеклеточного матрикса.* Длительное ИИ индуцирует эндотелиальную дисфункцию и локальную ишемию [33]. У радиационно-экспонированных лиц ожидается повышение экспрессии ангиогенных белков и факторов роста, вовлечение TGF- β -ассоциированных путей, что согласуется с активацией фибротических процессов [33].
5. *Белки муцинового слоя.* Радиационное воздействие нарушает функцию бокаловидных клеток конъюнктивы, что описано при лучевом керато-

конъюнктивите [33]. Вероятно изменение вязкости и стабильности слезной пленки за счет снижения уровня муцинов.

Следует подчеркнуть, что многие из описанных изменений протеома СЖ — повышение уровней S100A8/S100A9, TNF- α , кератинов KRT14/KRT19 и снижение уровня муцинов — наблюдаются не только при воздействии ИИ, но и при других формах ССГ, включая аутоиммунный (например, при болезни Шегрена). Однако при радиационном воздействии ключевую роль играет острый и хронический оксидативный стресс, вызванный избыточной генерацией активных форм кислорода. Это приводит к ранней и выраженной активации антиоксидантных систем (PRDX1, TXN), повреждению ДНК, ускоренному апоптозу эпителиальных клеток и вторичной десквамации, а также к эндотелиальной дисфункции с последующей активацией ангиогенеза. В отличие от аутоиммунного ССГ, где доминирует лимфоцитарная инфильтрация слезных желез и дефицит секреторных белков (лактоферрина (LF), лизоцима (LYZ)), при ИИ-индуцированном поражении на ранних этапах сохраняется секреторная функция, но нарушается целостность эпителиального барьера и микроциркуляторное русло. Таким образом, именно специфическая комбинация — преобладание маркеров оксидативного повреждения, репарации и ангиогенеза на фоне относительно сохраненных иммуноглобулинов и антибактериальных белков — позволяет дифференцировать радиационно-индуцированный ССГ от других его форм и делает протеомный анализ слезы ценным инструментом не только диагностики, но и мониторинга патогенетических механизмов.

Систематизируя данные, можно сформулировать концепцию перестройки слезного протеома. На ранней фазе прогнозируется усиление антиоксидантных систем и рост воспалительных белков. Фаза адаптации характеризуется стабилизацией восстановительных белков и активацией ангиогенеза. При хронической фазе наступает истощение защитных систем и хронизация воспаления.

ОБСУЖДЕНИЕ: МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ АСПЕКТ ПРОБЛЕМЫ

Полученные данные позволяют рассматривать протеом СЖ не просто как маркер офтальмологической патологии, а как уникальное «окно» в системные процессы, происходящие в организме при воздействии ИИ. Это открывает широкие возможности для междисциплинарного взаимодействия между офтальмологией, радиационной медициной, онкологией, профпатологией и протеомикой.

Перспективы в онкологии. У пациентов, получающих лучевую терапию, протеомный анализ СЖ может служить инструментом персонализированного мониторинга. Раннее выявление изменений в уровне маркеров оксидативного стресса (PRDX1, TXN) и воспаления (S100A8/A9, TNF- α) позволит прогнозировать развитие тяжелых осложнений со стороны глазной поверхности и своевременно корректировать лучевую нагрузку или назначать протективную терапию. Это особенно важно, учитывая, что частота ССГ при дозах 45–50 Гр достигает 50% [4], что существенно снижает качество жизни онкологических пациентов.

Профессиональная медицина. Для работников атомной отрасли (420 тыс. человек в России [1]) протеомный анализ СЖ может стать частью системы раннего выявления радиационно-ассоциированных нарушений. В отличие от тради-

ционных методов биодозиметрии, требующих забора крови и сложных лабораторных процедур, анализ СЖ является неинвазивным, может проводиться многократно и отражает именно органоспецифические изменения. Это позволяет перейти от констатации факта облучения к оценке индивидуальных реакций организма и выявлению лиц с повышенной радиочувствительностью.

Фундаментальная наука. Изучение протеома СЖ при радиационном воздействии позволяет глубже понять механизмы оксидативного стресса, воспаления и регенерации тканей. СЖ содержит белки, которые отражают не только состояние глазной поверхности, но и системные сдвиги в организме. Это делает ее ценной моделью для изучения общих закономерностей радиационного повреждения и адаптации.

Клиническая трансляция. Разработка протеомных панелей биомаркеров (PRDX1, S100A8/A9, KRT14, MUC5AC) может лечь в основу неинвазивных диагностических тестов, пригодных для использования в рутинной клинической практике. Такие тесты могут применяться для:

- ♦ скрининга работников радиационно опасных производств;
- ♦ мониторинга онкологических пациентов во время и после лучевой терапии;
- ♦ оценки эффективности протективной и терапевтической терапии;
- ♦ дифференциальной диагностики различных форм поражений глазной поверхности.

Экономический аспект. Внедрение неинвазивных методов ранней диагностики может существенно снизить экономические потери от профессиональных заболеваний (оцениваемые в 1,5 трлн рублей в год [5]) за счет предотвращения развития тяжелых форм патологии, сохранения трудоспособности работников и снижения затрат на лечение.

Таким образом, протеомный анализ СЖ представляет собой междисциплинарную технологию, способную объединить усилия офтальмологов, радиобиологов, онкологов и профпатологов для решения актуальных задач ранней диагностики и профилактики радиационно-индуцированных поражений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Слезная жидкость представляет собой высокоинформативную биологическую среду, содержащую белки, участвующие в иммунной защите, поддержании гомеостаза глазной поверхности и регуляции репаративных процессов. Воздействие ИИ вызывает оксидативный стресс, воспаление, иммунную дисрегуляцию, эпителиальное повреждение, ангиогенез и метаболическую перестройку, что подтверждено исследованиями плазмы крови и СЖ у облученных пациентов.

Сопоставление радиобиологических механизмов с протеомными данными СЖ позволяет предположить у радиационно-экспонированных лиц активацию антиоксидантных белков, усиление воспалительного ответа, изменение иммуноглобулинового профиля, повышение содержания белков — маркеров повреждения эпителия и активацию ангиогенных факторов. Эти изменения обладают диагностическим и прогностическим потенциалом, открывая возможность применения анализа протеома СЖ как неинвазивного инструмента радиационной биодозиметрии и мониторинга офтальмологических осложнений.

Особую ценность протеомный анализ СЖ представляет для междисциплинарного взаимодействия: в онкологии — для персонализированного мониторинга пациентов, получающих лучевую терапию; в профессиональной медицине — для раннего выявления радиационно-ассоциированных нарушений у работников атомной отрасли; в фундаментальной науке — для изучения механизмов радиационного повреждения и адаптации.

Необходимы дальнейшие исследования для верификации выявленных закономерностей и разработки стандартизированных протеомных диагностических панелей, пригодных для внедрения в клиническую практику.

Литература / References

1. Итоги деятельности Госкорпорации «Росатом» за 2024 г. Портал публичной отчетности: Rosatom; 2024. (Электронный ресурс.) URL: https://report.rosatom.ru/go/rosatom/go_rosatom_2024/app/rosatom_2024_3.pdf. (дата обращения: 30.06.2026).
2. Бондаревский-Колотий В.А. Ионизирующее излучение как фактор развития лучевой катаракты у медицинских работников (аналитический обзор литературы). *Университетская клиника*. 2020;2(35):92–99. DOI: 10.26435/UC.V012(35).534
3. Злокачественные новообразования в России в 2023 году (заболеваемость и смертность). Под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, А.О. Шахзадовой. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена; 2024.
4. Zong M., Li C. Risk of dry eye syndrome after radiotherapy for orbital tumors: a systematic review and meta-analysis. *Front Oncol*. 2026;16:1786414. DOI: 10.3389/fonc.2026.1786414
5. Результаты мониторинга условий и охраны труда в Российской Федерации. Под ред. А.З. Кизина. М.: Минтруд России; 2023. (Электронный ресурс.) URL: https://eisol.rosmintrud.ru/attachment/result_22 (дата обращения: 30.06.2026).
6. Яцына И.В., Сухова А.В., Преображенская Е.А. Оценка прогнозирования и управления рисками для здоровья работающих (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2022;101(10):1249–1254. DOI: 10.47470/0016-9900-2022-101-10-1249-1254
7. Yatsyna I.V., Sukhova A.V., Preobrazhenskaya E.A. Scientific and methodological aspects of assessment, forecasting and risk management for the health of workers (literature review). *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022;101(10):1249–1254 (in Russ.). DOI: 10.47470/0016-9900-2022-101-10-1249-1254
8. Тахауова Л.Р., Кривошеина О.И., Попов И.А. и др. Протеомный анализ слезной жидкости в норме: идентификация основных и уникальных белков (клинико-экспериментальное исследование). *Офтальмология*. 2025;22(4):894–900. DOI: 10.18008/1816-5095-2025-4-894-900
9. Kannan R., Das S., Shetty R. et al. Tear proteomics in dry eye disease. *Indian J Ophthalmol*. 2023;71(4):1203–1214. DOI: 10.4103/IJO.IJO_2851_22
10. Peng J., Li X., Wang Y. et al. A review of the tear film biomarkers used to diagnose Sjogren's syndrome. *Int J Mol Sci*. 2024;25(19):10380. DOI: 10.3390/ijms251910380
11. Тахауова Л.Р., Кривошеина О.И. Анализ заболеваемости офтальмологических патологий среди населения, проживающего в зоне влияния предприятия атомной индустрии. *Современные технологии в офтальмологии*. 2024;58(6):105–108. DOI: 10.25276/2312-4911-2024-6-105-108
12. Akagunduz O.O., Yilmaz S.G., Tavlayan E. et al. Radiation-Induced Ocular Surface Disorders and Retinopathy: Ocular Structures and Radiation Dose-Volume Effect. *Cancer Res Treat*. 2022;54(2):417–423. DOI: 10.4143/crt.2021.575
13. Бекман И. Атомная и ядерная физика: радиоактивность и ионизирующие излучения. 2-е изд., испр. и доп. М.: ЛитРес; 2020.

14. Бекман И. Atomic and nuclear physics: radioactivity and ionizing radiation. 2nd ed. М.: LitRes; 2020 (in Russ.).
15. Пономарев Д.Б., Степанов А.В., Селезнев А.Б. Ионизирующие излучения и воспалительная реакция. Механизмы формирования и возможные последствия. *Радиационная биология. Радиоэкология*. 2023;63(3):270–284. DOI: 10.31857/S0869803123030128
16. Ponomarev D.B., Stepanov A.V., Seleznev A.B. Ionizing radiation and inflammatory response. Mechanisms of formation and possible consequences. *Radiatsionnaya Biologiya. Radioekologiya*. 2023;63(3):270–284 (in Russ.). DOI: 10.31857/S0869803123030128
17. Thariat J., Martel A., Matet A. et al. Non-cancer effects following ionizing irradiation involving the eye. *Cancers*. 2022;14(15):1194. DOI: 10.3390/ijms23073891
18. Arturi F.J., Arons D., Murphy N. et al. The effects of radiation therapy on the ocular apparatus. *Cancers*. 2025;17(16):2605. DOI: 10.3390/cancers17162605
19. Hamada N., Azizova T.V., Little M.P. An update on effects of ionizing radiation exposure on the eye. *Br J Radiol*. 2020;93(1115):20190829. DOI: 10.1259/bjr.20190829
20. Lei Y., Huang X.Y., Guo H. et al. Oxidative Stress in Dry Eye Disease: A Bibliometric Analysis. *Clin Ophthalmol*. 2025;12305–2324. DOI: 10.2147/OPTH.S532001
21. Winiarczyk M., Biela K., Michalak K. et al. Changes in tear proteomic profile in ocular diseases. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(20):13341. DOI: 10.3390/ijms232013341
22. Theofilis P., Toutouzas K., Vlachakis N. et al. Inflammatory mechanisms contributing to endothelial dysfunction. *Biomedicine*. 2021;9(7):781. DOI: 10.3390/biomedicine9070781
23. Akkurt Arslan M., Brignole-Baudouin F., Chardonnet S. et al. Profiling tear film enzymes reveals major metabolic pathways associated with dry eye disease. *Sci Rep*. 2023;13(1):15231. DOI: 10.1038/s41598-023-42104-2
24. Dammak A., Pastrana C., Martin-Gil A. et al. Oxidative stress in the anterior ocular diseases: diagnostic and treatment. *Biomedicine*. 2023;11(2):295. DOI: 10.3390/biomedicine11020292
25. Ponzi E., Santambrogio C., De Palma A. et al. Mass spectrometry-based tear proteomics for noninvasive biomarker discovery. *Mass Spectrom Rev*. 2022;41(5):842–860. DOI: 10.1002/mas.21691
26. Parvin S., Shahriary A., Aghamollaei H. et al. Tear proteomics analysis of patient suffered from delayed mustard gas keratopathy. *Proteome Sci*. 2022;20(1):13. DOI: 10.1186/s12953-022-00195-1
27. Loganovsky K.N., Marazziti D., Fedirko P.A. et al. Radiation-Induced Cerebro-Ophthalmic Effects in Humans. *Life*. 2020;10(4):41. DOI: 10.3390/life10040041
28. Zhang M., Zhang R., Zhao X. et al. The role of oxidative stress in the pathogenesis of ocular diseases: an overview. *Mol Biol Rep*. 2024;51(1):454. DOI: 10.1007/s11033-024-09425-5
29. Del Valle L.G., Noblet M.C., Martinez-Sanchez G. Crosstalk between oxidative stress and ocular diseases. *J Clin Res Ophthalmol*. 2020;7:037–047. DOI: 10.17352/2455-1414.000071
30. Hu R., Shi J., Xie C. et al. Dry Eye Disease: Oxidative Stress on Ocular Surface and Cutting-Edge Antioxidants. *Glob Chall*. 2025;9(7):e00068. DOI: 10.1002/gch2.202500068
31. Zhang T., Ma C., Zhang Z. et al. NF-κB signaling in inflammation and cancer. *Med Commun*. 2021;2(4):618–653. DOI: 10.1002/mco2.104
32. Singh V.K., Drouet M., Ritskes-Hoitinga M. et al. Current approaches for the regeneration and reconstruction of ocular surface in dry eye. *Front Med*. 2022;9:885780. DOI: 10.3389/fmed.2022.885780
33. Mallone F., Costi R., Marengo M. et al. Understanding drivers of ocular fibrosis: current and future therapeutic perspectives. *Int J Mol Sci*. 2021;22(21):11748. DOI: 10.3390/ijms222111748
34. Kumar N.R., Praveen M., Narasimhan R. et al. Tear biomarkers in dry eye disease: Progress in the last decade. *Indian J Ophthalmol*. 2023;71(4):1190–1202. DOI: 10.4103/IJO.IJO_2981_22
35. Wijerathne H., Langston J.C., Yang Q. et al. Mechanisms of radiation-induced endothelium damage. *Radiother Oncol*. 2021;158:21–32. DOI: 10.1016/j.radonc.2021.02.007

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Тахауова Лилия Равильевна — младший научный сотрудник ФГБУН СБН Центр ФМБА России; 636013, Россия, ЗАТО Северск, г. Северск, пер. Чекист, д. 7, корп. 2; аспирант кафедры офтальмологии ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России; 634050, Россия, г. Томск, Московский тракт, д. 2; ORCID iD 0000-0002-6261-9795

Кривошеина Ольга Ивановна — д.м.н., профессор, заведующий кафедрой офтальмологии ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России; 634050, Россия, г. Томск, Московский тракт, д. 2; ORCID iD 0000-0001-7509-5858

Горбунова Евгения Александровна — к.м.н., доцент кафедры офтальмологии ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России; 634050, Россия, г. Томск, Московский тракт, д. 2; ORCID iD 0000-0002-6462-8185

Жигальская Татьяна Александровна — к.м.н., доцент кафедры офтальмологии ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России; 634050, Россия, г. Томск, Московский тракт, д. 2; ORCID iD 0000-0003-3110-4112

Контактная информация: Тахауова Лилия Равильевна, e-mail: tahauovaa@gmail.com

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 01.07.2026.

Поступила после рецензирования 24.07.2026.

Принята в печать 18.08.2026.

ABOUT THE AUTHORS:

Liliia R. Takhauova — junior researcher, Seversk Biophysical Research Center, FMBA of Russia; 7 bldg. 2, Chekist pereulok, Seversk, 636013, Russian Federation; postgraduate student at the Department of Ophthalmology, Siberian State Medical University; 2, Moskovskiy trakt, Tomsk, 634050, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-6261-9795

Olga I. Krivosheina — Dr. Sc. (Med.), Professor, Head of the Department of Ophthalmology, Siberian State Medical University; 2, Moskovsky trakt, Tomsk, 634050, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-7509-5858

Evgeniya A. Gorbunova — C. Sc. (Med.), Associate Professor of the Department of Ophthalmology, Siberian State Medical University; 2, Moskovsky trakt, Tomsk, 634050, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-6462-8185

Tatiana A. Zhigalskaya — C. Sc. (Med.), Associate Professor of the Department of Ophthalmology, Siberian State Medical University; 2, Moskovsky trakt, Tomsk, 634050, Russian Federation; ORCID iD 0000-0003-3110-4112

Contact information: Liliia R. Takhauova, e-mail: tahauovaa@gmail.com

Financial Disclosure: no authors have a financial or property interest in any material or method mentioned.

There is no conflict of interest.

Received 01.07.2026.

Revised 24.07.2026.

Accepted 18.08.2026.

DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-5

Совершенствование лечения сезонного аллергического конъюнктивита: клиническая эффективность олопатадина и пути снижения консервант-индуцированной токсичности

Е.А. Дроздова, А.М. Богомолова, Е.В. Ядыкина

ФГБОУ ВО ЮУГМУ Минздрава России, Челябинск, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Цель настоящего обзора: на основании современных научных публикаций рассмотреть ключевые аспекты эффективности и безопасности лечения сезонного аллергического конъюнктивита (САК) препаратом с двойным механизмом действия олопатадин, а также вопросы токсического воздействия консервантов на глазную поверхность. САК поражает до 30–40% населения в период цветения, существенно снижая качество жизни. В основе патогенеза САК лежит IgE-опосредованная реакция с дегрануляцией тучных клеток. Клинически САК проявляется интенсивным зудом в глазах, ощущением жжения или инородного тела в глазу, слезотечением, гиперемией, отеком и папиллярной гипертрофией конъюнктивы. Олопатадин, сочетающий блокаду H₁-рецепторов и стабилизацию мембран тучных клеток, быстро купирует зуд, гиперемию и отек, превосходя по эффективности кетотифен и системные антигистаминные средства, и имеет высокий профиль безопасности. Однако многодозовые флаконы глазных капель олопатадина содержат бензалкония хлорид, обладающий цитотоксическим, окислительным и апоптотическим действием на эпителий роговицы и бокаловидные клетки, что усугубляет синдром «сухого глаза» и кератопатию. Альтернативой служит консервант поликватерний-1 (PQ-1, полидрония хлорид), характеризующийся меньшей токсичностью. Препарат олопатадина 0,1% с PQ-1 может быть рекомендован в качестве препарата выбора для длительной сезонной терапии САК с меньшим риском повреждения глазной поверхности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сезонный аллергический конъюнктивит, олопатадин, бензалкония хлорид, поликватерний-1, токсическое повреждение глазной поверхности, консерванты глазных капель.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Дроздова Е.А., Богомолова А.М., Ядыкина Е.В. Совершенствование лечения сезонного аллергического конъюнктивита: клиническая эффективность олопатадина и пути снижения консервант-индуцированной токсичности. Клиническая офтальмология. 2026;26(3):250–254. DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-5

Optimization the treatment of seasonal allergic conjunctivitis: the clinical efficacy of olopatadine and ways to reduce preservative-induced toxicity

E.A. Drozdova, A.M. Bogomolova, E.V. Yadykina

South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russian Federation

ABSTRACT

Aim of the review: based on current scientific publications, to review the key aspects of the efficacy and safety of olopatadine, a dual-action anti-allergic agent, in the treatment of seasonal allergic conjunctivitis (SAC), with particular emphasis on preservative-induced ocular surface toxicity. SAC affects up to 30–40% of the population during the pollen season, substantially reducing quality of life. The pathogenesis of SAC is based on an IgE-mediated reaction with mast cell degranulation. Clinically, SAC is characterized by intense ocular itching, burning or foreign body sensation, tearing, conjunctival hyperemia, edema, and papillary hypertrophy of the conjunctiva. Owing to its dual mechanism of action — selective H₁-receptor blockade and mast cell membrane stabilization — olopatadine rapidly relieves itching, hyperemia, and conjunctival edema. It has demonstrated superior efficacy compared with ketotifen and systemic antihistamines while maintaining an excellent safety profile. However, multidose formulations of olopatadine eye drops contain benzalkonium chloride, a preservative with cytotoxic, oxidative, and pro-apoptotic effects on the corneal epithelium and conjunctival goblet cells, potentially exacerbating dry eye disease and keratopathy. Polyquaternium-1 (PQ-1; polydronium chloride) represents a less cytotoxic alternative preservative. Olopatadine 0.1% preserved with PQ-1 may therefore be considered the preferred option for prolonged seasonal treatment of SAC because of its lower risk of ocular surface damage.

KEYWORDS: seasonal allergic conjunctivitis, olopatadine, benzalkonium chloride, polyquaternium-1, toxic ocular surface damage, eye drop preservatives.

FOR CITATION: Drozdova E.A., Bogomolova A.M., Yadykina E.V. Optimization the treatment of seasonal allergic conjunctivitis: the clinical efficacy of olopatadine and ways to reduce preservative-induced toxicity. Russian Journal of Clinical Ophthalmology. 2026;26(3):250–254 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-5

ВВЕДЕНИЕ

Согласно данным мировых эпидемиологических исследований отмечается рост встречаемости аллергических заболеваний во всех возрастных группах, однако цифровые

значения этого показателя сильно варьируют в зависимости от климата, географического расположения и социально-экономических особенностей различных стран [1]. По оценкам Всемирной организации по борьбе с ал-

лергией, примерно 20–30% населения в мире страдают по крайней мере от одного аллергического заболевания, что свидетельствует о значимом вкладе данной патологии в глобальное бремя болезней [2].

Среди болезней аллергической этиологии наибольшую долю составляют сезонные аллергические заболевания: аллергический ринит и аллергический конъюнктивит (АК). Распространенность сезонных аллергических заболеваний в разных странах мира варьирует от 4 до 32%, а в России — от 10 до 24% [3, 4]. По результатам мультицентрового эпидемиологического исследования ISAAC (International Study of Asthma and Allergies in Childhood — «Международное исследование астмы и аллергии у детей», 2009 г.), охватившего более 1 млн детей из 98 стран, средняя встречаемость симптомов аллергического риноконъюнктивита у детей 13–14 лет составила 14,6% [5]. В исследовании ARIA (Allergic Rhinitis and its Impact on Asthma — «Аллергический ринит и его влияние на астму», 2010) сезонный и хронический АК выявлен в 3–42% и 1–18% популяции соответственно в зависимости от возраста и климатических условий [6]. Исследования, проведенные в России, также свидетельствуют о высокой распространенности, в первую очередь, сезонных аллергических заболеваний [3]. Слизистые оболочки глаза, носа и верхних дыхательных путей являются частью единой мукозоассоциированной лимфоидной ткани (MALT) и ввиду своего анатомического расположения первыми взаимодействуют с ингаляционными аллергенами (например, пылью растений) [1, 3, 7, 8]. Аллергический ринит встречается в популяции в 20% случаев, около 60% из них имеют признаки АК (риноконъюнктивита) [4, 9]. Несмотря на анатомическую и функциональную взаимосвязь между развитием аллергического ринита и АК, подчеркивается и ряд различий между ними. При этом значимость АК часто остается недооцененной, что служит причиной недостаточно точной оценки истинной распространенности аллергических заболеваний глаз [10]. В клинической практике около 10% пациентов с симптомами глазной аллергии занимаются самолечением и не обращаются за медицинской помощью, часть пациентов получают лечение у врачей общей практики, которые не обращают должного внимания на состояние глазной поверхности, что увеличивает риск неверной диагностической и терапевтической тактики, хронического течения заболевания с угрозой повреждения роговицы и тяжелой потери зрительных функций [11].

Цель настоящего обзора: на основании современных научных публикаций рассмотреть ключевые аспекты эффективности и безопасности лечения сезонного АК (САК) препаратом с двойным механизмом действия олопатадин, а также вопросы токсического воздействия консервантов на глазную поверхность.

Эпидемиология, патогенез САК

Сезонный аллергический (поллинозный) конъюнктивит является наиболее распространенной формой аллергических заболеваний глаз [8, 11–13]. Согласно эпидемиологическим исследованиям последних лет его распространенность в популяции варьирует от 15 до 40%, а в отдельных регионах с высокой концентрацией аллергенов (например, в период цветения растений) может достигать 70% [1, 3, 9, 12]. Многие исследователи связывают рост частоты гиперчувствительности и аллергии

на пыльцевые агенты с изменением климата и загрязнением окружающей среды, при этом подъем заболеваемости соответствует периодам пыления растений. Для средней полосы России выделяют три таких периода: весенний (конец апреля — начало мая) — 7% больных, летний (начало июня — конец июля) — 75% больных, летне-осенний (конец июля — середина сентября) — 6,3% больных [4, 14].

Патогенез САК обусловлен IgE-опосредованной реакцией гиперчувствительности немедленного типа (I тип по номенклатуре Европейской академии аллергологов и клинических иммунологов (EAACI), 2023 г.) [15]. Первичная сенсибилизация к пыльцевым аллергенам происходит в ткани слизистых оболочек, где активируются В-лимфоциты и плазмочиты, далее через каскад иммунных реакций, модулируемых различными цитокинами, в региональных лимфатических узлах происходит дифференцировка Т-хелперов в Т-хелперы 2-го типа, продуцирующих интерлейкин (ИЛ) 4, ИЛ-21, что способствует переключению В-лимфоцитов с синтеза IgM и IgG1 на синтез IgE. Дальнейшее связывание IgE со специфическими рецепторами на тучных клетках и базофилах переводит их в состояние сенсибилизации. При последующем контакте аллергена с комплексом IgE — рецептор на мембране тучной клетки происходит ее активация и высвобождение (дегрануляция) большого количества накопленных медиаторов воспаления — гистамина, триптазы, лейкотриенов, простагландинов и др. [1, 15]. Именно гистамин рассматривается как специфический фактор, способствующий развитию ранних признаков и симптомов САК. Дальнейшее течение аллергической реакции может способствовать миграции в конъюнктиву эозинофилов под воздействием ИЛ-5, что приводит к персистенции хронического воспаления [8, 9, 15].

Клинические проявления и диагностика САК

Несмотря на разнообразие клинических форм конъюнктивита, их симптоматика нередко имеет сходные проявления, что существенно усложняет первичную дифференциальную диагностику этиологии заболевания. АК обычно бывает двусторонним. Клиническая картина САК характеризуется интенсивным зудом в глазах (75–90%), ощущением жжения или инородного тела в глазу, слезотечением (76%), гиперемией (85%), отеком и папиллярной гипертрофией конъюнктивы. В ряде случаев отмечаются светобоязнь и временное снижение остроты зрения, что обусловлено отеком век и хемозом конъюнктивы [9, 12, 16]. При сочетании глазной симптоматики с ринитом (ринорея, ощущение зуда, заложенности носа) заболевание называют риноконъюнктивитом [4, 12]. САК существенно снижает качество жизни пациентов, ограничивая их социальную активность, работоспособность и даже сон из-за интенсивного зуда и дискомфорта [11, 17].

При постановке диагноза рекомендуют особое внимание уделять сбору аллергологического анамнеза, включающему выявление сопутствующих аллергических заболеваний: аллергического ринита (встречается у 60–75% пациентов с АК), бронхиальной астмы или атопического дерматита, а также отягощенной наследственности по аллергическим заболеваниям (43%) [11, 12, 17]. Диагностические ошибки на начальном этапе обследования нередко приводят к назначению неадекватной терапии, что способствует маскировке клинической картины и хронизации процесса [8, 18].

Определенную трудность вызывает диагностика синдрома «сухого глаза» (ССГ) как вторичного или сопутствующего АК состояния. При этом жалобы пациента на дискомфорт в глазах, жжение, а также клинические симптомы (гиперемия конъюнктивы и повреждение эпителии роговицы) могут быть ошибочно расценены как проявление персистирующего аллергического процесса с необоснованным назначением противоаллергической терапии [16, 19]. Помимо хронического воспаления конъюнктивы при аллергии причиной развития или усиления симптомов ССГ может быть побочное действие системных или локальных антигистаминных препаратов, а также токсическое повреждение глазной поверхности консервантами, содержащимися в глазных каплях [19]. В исследовании P. Aoga et al. [20] симптомы ССГ выявлены у 70% пациентов с различными аллергическими заболеваниями глаз, с преобладанием в выборке пациентов с САК, что характеризовалось увеличением индекса глазной поверхности (OSDI), снижением стабильности слезной пленки и снижением показателя пробы Ширмера.

Подходы к терапии САК

Выбор оптимальной терапии САК остается актуальной проблемой для клиницистов. Назначаемое лечение должно быть направлено на быстрое купирование симптомов, предотвращение рецидивов и быть безопасным, особенно при длительном применении препаратов. Лечение любого аллергического заболевания, включая САК, основано на трех важных принципах: элиминация аллергена (исключение контакта с аллергеном), фармакотерапия и аллерген-специфическая иммунотерапия (при сенситизации к бытовым или пыльцевым аллергенам) [11]. Учитывая, что САК и круглогодичный АК относятся к IgE-опосредованным реакциям гиперчувствительности, в местной терапии применяют антигистаминные препараты, стабилизаторы мембран тучных клеток, сосудосуживающие средства, а также препараты с множественным механизмом действия [8, 9, 21–23].

Место лекарственных препаратов двойного действия в терапии САК

Лекарственные препараты двойного действия на основе олопатадина гидрохлорида прочно вошли в практику офтальмологов и аллергологов [16, 17, 24–27]. Селективная блокада H_1 -гистаминовых рецепторов приводит к быстрому подавлению острой воспалительной реакции, вызванной высвобождением гистамина, что уже в первые минуты после инстилляций уменьшает чувство зуда и гиперемии конъюнктивы. Стабилизация мембран предотвращает дегрануляцию тучных клеток и последующее высвобождение других медиаторов воспаления. Однако этот эффект препарата проявляется со временем, что обеспечивает возможность длительного контроля над симптомами и профилактики обострений [21, 24]. Благодаря такому сочетанию олопатадин эффективен как для купирования острого приступа аллергии, так и для профилактики сезонных обострений [24, 28].

Большое количество публикаций посвящено анализу отдельных классов противоаллергических препаратов, однако отсутствие сравнительных испытаний ограничило возможность прямых сопоставлений эффективности. Наиболее достоверным способом сравнительной оценки эффектив-

ности всех вариантов терапии является сетевой систематический метаанализ. В систематическом обзоре и метаанализе 30 рандомизированных исследований, в которых приняли участие в общей сложности 4344 человека с целью оценки эффективности лечения САК и круглогодичного АК с помощью монотерапии местными антигистаминными препаратами или стабилизаторами тучных клеток в сравнении с их комбинированными формами, было показано преимущество препаратов двойного механизма действия [29]. По эффективности олопатадин в концентрациях 0,1% и 0,2% в сравнении с плацебо значимо уменьшал отек век, гиперемию, хемоз, слезотечение и повышал качество жизни пациентов [29]. В метаанализе публикаций по эффективности олопатадина 0,1% и кетотифена 0,025% также показано, что через 14 дней терапии олопатадин 0,1% и кетотифен имеют сопоставимую эффективность по снятию зуда, но олопатадин 0,1% обеспечивает более быстрое облегчение симптомов и вызывает меньшее количество побочных эффектов по сравнению с кетотифеном [30]. В метаанализе, включившем 28 рандомизированных контролируемых исследований, опубликованном в 2025 г., убедительно показано, что олопатадин 0,1% обладает наибольшей эффективностью при лечении САК и круглогодичного АК. Эффективность оценивали по таким ключевым показателям, как снижение интенсивности зуда, покраснения и воспаления. Показатель площади под кривой кумулятивного ранжирования (SUCRA) для олопатадина составил 0,88 и 0,85 соответственно, что подтверждает его лидирующую позицию. При этом подгрупповой анализ показал, что использование препарата для лечения именно САК демонстрирует наибольшую вероятность достижения положительного результата (89%) [31]. В исследовании P. Yadav et al. [32] изучали целесообразность усиления противовоспалительной терапии у взрослых пациентов с САК путем комбинации олопатадина 0,1% и кеторолака в сравнении с монотерапией олопатадином 0,2%. В результате было показано, что, несмотря на более быстрое начальное облегчение при комбинированной терапии, к 14-му дню лечения общая эффективность была сопоставима, при этом монотерапия олопатадином продемонстрировала значительно лучшую переносимость с меньшей частотой таких побочных эффектов, как жжение и дискомфорт в глазах.

В Российской Федерации также проведен ряд исследований по изучению эффективности препаратов олопатадина различных концентраций [25–27]. При сравнении 0,1% (инстилляций 2 р/сут) и 0,2% олопатадина (инстилляций 1 р/сут) в лечении САК и хронического АК терапевтический эффект был достигнут у пациентов обеих групп в одинаковые сроки (в среднем $10,7 \pm 0,3$ сут) [27]. По данным И.А. Лоскутова и соавт. [33], монотерапия препаратом олопатадин 0,1% привела к контролю симптомов САК к 14-му дню применения у 92% пациентов, продолжительность лечения в среднем составила $11,7 \pm 0,7$ сут.

К ВОПРОСУ О БЕЗОПАСНОСТИ ДЛИТЕЛЬНОЙ ТЕРАПИИ САК

Несмотря на доказанную эффективность олопатадина, сохраняет актуальность вопрос о его безопасности при длительной терапии. Представленные в России противоаллергические препараты, в том числе с двойным механизмом действия, включая олопатадин 0,1% и 0,2%, в своем составе содержат наиболее часто применяемый консервант бензалкония хлорид (БАХ). Известно, что добавление консерванта в многодозовые флаконы глазных капель обеспечивает

стерильность раствора и предотвращает микробную контаминацию препарата в процессе его использования. Однако многолетние исследования установили значимое токсическое влияние консервантов на ткани глаза, особенно при длительном и/или частом применении, в частности у пациентов с первичной глаукомой и ССГ [21]. Воздействие БАХ на поверхность глаза связано с несколькими механизмами действия. Являясь четвертичным аммониевым соединением, БАХ действует как детергент, разрушая не только клеточные мембраны бактерий, но и клетки эпителия глазной поверхности, включая бокаловидные клетки, продуцирующие муцин, при этом цитотоксическое действие проявляется даже в малых концентрациях консерванта [34–36]. Из других негативных эффектов БАХ отмечено усиление окислительного стресса, генотоксическое действие с повреждением ДНК клеток эпителия, развитие дисфункции митохондрий и, как следствие, клеточная дисфункция и апоптоз. Исследования показали связь применения БАХ с повреждением не только липидного, но и водно-муцинового слоя слезной пленки, поскольку повреждающее действие БАХ на нервные окончания роговицы приводит к гипостезии и снижению продукции слезы [35]. Клинически это проявляется широким спектром симптомов, включая покраснение, жжение, сухость, ощущение инородного тела [19]. Длительное применение капель с БАХ является доказанным фактором риска развития и/или усугубления симптомов ССГ, а также может приводить к токсическому поражению эпителия роговицы с развитием кератопатии [35–37].

В связи с этим при необходимости длительного курсового лечения АК, которое может продолжаться до 4 мес., особенно важно максимально возможное снижение токсичности локальных противоаллергических препаратов и дополнительное применение слезозаместительных препаратов [19].

Осознание токсичности БАХ привело к поиску альтернативных, менее токсичных консервантов или способов бесконсервантной упаковки глазных капель. К консервантам с меньшей по сравнению с БАХ токсичностью относятся поликватерниум-1 (PQ-1, Поликвад[®], полидрония хлорид), перборат натрия и оксиклоро-комплекс (Purite[®]) [35, 37].

Поликватерниум-1 — детергентный консервант, синтезированный компанией Alcon в 1980-х годах для растворов, используемых в обработке контактных линз. Несмотря на принадлежность PQ-1 к той же группе детергентов, что и БАХ, он обладает собственными уникальными свойствами. Молекула PQ-1 в 27 раз больше, чем у БАХ, что обеспечивает способность разрушать мембрану и проникать в микробные клетки без сопутствующего повреждения эпителиальных клеток, невозможного ввиду значительного различия в размере. Теоретически это сводит к минимуму нежелательное токсическое воздействие на клетки глазной поверхности по сравнению с БАХ [36–38]. В настоящее время накоплен клинический опыт применения консерванта PQ-1 в составе слезозаместительных и антиглаукомных глазных капель [36]. М. Meloni et al. [39] при применении препарата искусственной слезы с PQ-1 отмечали умеренное снижение жизнеспособности культуры клеток эпителия роговицы человека в отличие от аналогичных капель с БАХ [39].

В 2026 г. компания «Отисфарм» зарегистрировала препарат с олопатадином 0,1% и консервантом PQ-1 —

АЛЛЕНОКАП¹. Использование PQ-1 как консерванта обеспечивает меньший риск воспалительных и повреждающих реакций, что особенно важно при длительном применении [39]. В связи с ранее накопленным опытом применения консерванта длительное лечение противоаллергическим препаратом с PQ-1 допускается на протяжении всего периода сезонной аллергии без возникновения значимых побочных эффектов или повреждения глазной поверхности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сезонный аллергический конъюнктивит является широко распространенным глазным заболеванием, диагностика и лечение которого не всегда эффективны, что представляет собой одну из ключевых проблем амбулаторной офтальмологической помощи пациентам различных возрастных групп. Доступен широкий спектр нефармакологических и фармакологических методов лечения, которые могут быть адаптированы к потребностям каждого пациента. Олопатадин благодаря уникальному двойному механизму действия и благоприятному профилю безопасности признается современной доказательной медициной препаратом первой линии для лечения САК. Однако клиническая эффективность препарата может снижаться из-за токсического воздействия консервантов, в частности БАХ. Использование PQ-1 как консерванта обеспечивает меньший риск воспалительных и токсических реакций, что особенно важно при длительном применении препарата. Таким образом, препарат олопатадина, содержащий в качестве консерванта PQ-1, является перспективным и безопасным решением для пациентов, нуждающихся в сезонной терапии АК. ▲

Литература / References

1. Alska E., Doligalska A., Napiórkowska-Baran K. et al. Global Burden of Allergies: Mechanisms of Development, Challenges in Diagnosis, and Treatment. *Life (Basel)*. 2025;15(6):878. DOI: 10.3390/life15060878
2. Oh J., Kim S., Kim M.S. et al. Global, regional, and national burden of asthma and atopic dermatitis, 1990–2021, and projections to 2050: a systematic analysis of the Global Burden of Disease Study 2021. *Lancet Respir Med*. 2025;13(5):425–446. DOI: 10.1016/S2213-2600(25)00003-7
3. Лопатин А.С., Чучуева Н.Д. Эпидемиология аллергического ринита в России и в мире. *Российский Аллергологический Журнал*. 2013;2:3–11. Lopatin A.C., Chuchueva N.D. Prevalence of allergic rhinitis in Russia and all over the world. *Russian Journal of Allergy*. 2013;2:3–11 (in Russ.).
4. Курбачева О.М., Павлова К.С. Аллергический ринит и аллергический конъюнктивит: одна болезнь — две клинические формы. *Российский Аллергологический Журнал*. 2015;3:22–29. DOI: 10.36691/RJA441
5. Kurbacheva O.M., Pavlova K.S. Allergic rhinitis and allergic conjunctivitis: one disease — two clinical forms. *Russian Journal of Allergy*. 2015;3:22–29 (in Russ.). DOI: 10.36691/RJA441
6. Ait-Khaled N., Pearce N., Anderson H.R. et al.; ISAAC Phase Three Study Group. Global map of the prevalence of symptoms of rhinoconjunctivitis in children: The International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC) Phase Three. *Allergy*. 2009;64(1):123–148. DOI: 10.1111/j.1398-9995.2008.01884.x
7. Brozek J.L., Bousquet J., Baena-Cagnani C.E. et al. Global Allergy and Asthma European Network; Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation Working Group. Allergic Rhinitis and its Impact on Asthma (ARIA) guidelines: 2010 revision. *J Allergy Clin Immunol*. 2010;126(3):466–476. DOI: 10.1016/j.jaci.2010.06.047
8. Okada K., Yamasoba T., Kiyono H. Craniofacial mucosal immune system: importance of its unique organogenesis and function in the development of a mucosal vaccine. *Adv Otorhinolaryngol*. 2011;72:31–36. DOI: 10.1159/000324591
9. Tariq F. Allergic Conjunctivitis: Review of Current Types, Treatments, and Trends. *Life*. 2024;14:650. DOI: 10.3390/life14060650
10. Villegas B.V., Benitez-del-Castillo J.M. Current Knowledge in Allergic Conjunctivitis. *Turk J Ophthalmol*. 2021;51:45–54. DOI: 10.4274/tjo.galenos.2020.11456
11. Gomes P.J. Trends in prevalence and treatment of ocular allergy. *Curr Opin Allergy Clin Immunol*. 2014;14:451–456. DOI: 10.1097/ACI.0000000000000100
12. Bielory L., Delgado L., Katelaris C.H. et al. ICON: Diagnosis and management of allergic conjunctivitis. *Ann Allergy Asthma Immunol*. 2020;124(2):118–134. DOI: 10.1016/j.anai.2019.11.014

¹ Общая характеристика лекарственного препарата АЛЛЕНОКАП. ЛП-№(013418)-(ПГ-РУ) от 03.02.2026. (Электронный ресурс.) URL: https://lk.regmed.ru/Register/EAEU_smcp (дата обращения: 14.07.2026).

12. Leonardi A., Castegnaro A., Valerio A.L.G., Lazzarini D. Epidemiology of allergic conjunctivitis: clinical appearance and treatment patterns in a population-based study. *Curr Opin Allergy Clin Immunol*. 2015;15:482–488. DOI: 10.1097/ACI.0000000000000204
13. La Rosa M., Lionetti E., Reibaldi M. et al. Allergic conjunctivitis: a comprehensive review of the literature. *Ital J Pediatr*. 2013;39:18. DOI: 10.1186/1824-7288-39-18
14. Бржеский В.В. Аллергический конъюнктивит: путеводитель для офтальмолога амбулаторного звена. *РМЖ. Медицинское обозрение*. 2018;1(II):74–79.
15. Brzhesky V.V. Allergic conjunctivitis: a guide for the outpatient ophthalmologist. *RMJ. Medical Review*. 2018;1(II):74–79 (in Russ.).
16. Бычкова Н.В. Новая номенклатура аллергических заболеваний и реакций гиперчувствительности. *Цитокины и воспаление*. 2024;21(1):5–21. DOI: 10.17816/Ci635046
17. Bychkova N.V. New nomenclature of allergic diseases and hypersensitivity reactions. *Cytokines and Inflammation*. 2024;21(1):5–21 (in Russ.). DOI: 10.17816/Ci635046
18. Bielory L. Ocular Allergy Overview. *Immunol Allergy Clin North Am*. 2008;28:1–23. DOI: 10.1016/j.iac.2007.12.011
19. Dupuis P., Prokopich C., Hynes A. et al. A contemporary look at allergic conjunctivitis. *Allergy Asthma Clin Immunol*. 2020;16:5. DOI: 10.1186/s13223-020-0403-9
20. Дроздова Е.А., Михайлова Е.В. Анализ диагностических ошибок аллергического конъюнктивита у детей. *Медицинский вестник Башкортостана*. 2020;15;4(88):8–11.
21. Drozdova E.A., Mikhaylova E.V. Analysis of diagnostic mistakes for allergic conjunctivitis in children. *Meditsinskij vestnik Baškortostana*. 2020;15;4(88):8–11 (in Russ.).
22. Stapleton F., Argüeso P., Asbell P. et al. TFOS DEWS III: Digest. *Am J Ophthalmol*. 2025;279:451–553. DOI: 10.1016/j.ajo.2025.05.040
23. Arora P., Mehrotra N., Tripathi S., Yadav M. Assessing Prevalence and Severity of Dry Eye Disease Across Various Types of Allergic Conjunctivitis. *Natl J Med Res*. 2024;14(04):98–102. DOI: 10.55489/njmr.140420241004
24. Leonardi A., Quintieri L., Presa I.J. et al. Allergic Conjunctivitis Management: Update on Ophthalmic Solutions. *Curr Allergy Asthma Rep*. 2024;24:347–360. DOI: 10.1007/s11882-024-01150-0
25. Егоров А.Е., Захарова М.А. Лечение пациента с аллергическим конъюнктивитом: рекомендации офтальмологу амбулаторного звена. *РМЖ. Клиническая офтальмология*. 2017;2:111–114.
26. Egorov A.E., Zakharova M.A. Treatment of a patient with allergic conjunctivitis: recommendations to the outpatient ophthalmologist. *RMJ. Clinical ophthalmology*. 2017;2:111–114 (in Russ.).
27. Майчук Д.Ю. Современные возможности терапевтического лечения аллергических конъюнктивитов. Обзор. *Офтальмология*. 2014;11(2):19–26. DOI: 10.18008/1816-5095-2014-2-19-26
28. Maychuk D.Yu. Modern opportunities of therapeutic treatment of allergic conjunctivitis. A review. *Ophthalmology in Russia*. 2014;11(2):19–26 (in Russ.). DOI: 10.18008/1816-5095-2014-2-19-26
29. Майчук Ю.Ф. Опатанол (олопатедин 0.1%) — глазные капли двойного противоаллергического механизма действия. *РМЖ. Клиническая офтальмология*. 2007;2:63.
30. Maychuk Ju.F. Opatanol (olopatadine 0.1%) — eye drops with a dual antiallergic mechanism of action. *RMJ. Clinical ophthalmology*. 2007;2:63 (in Russ.).
31. Яни Е.В., Позднякова В.В., Селиверстова К.Е. Новые возможности терапии лекарственных офтальмоаллергозов. *Российский офтальмологический журнал*. 2017;10(3):108–112. DOI: 10.21516/2072-0076-2017-10-3-108-112
32. Jani E.V., Pozdnyakova V.V., Seliverstova K.E. New opportunities of the therapy of medicinal ophthalmic allergies. *Russian Ophthalmological Journal*. 2017;10(3):108–112 (in Russ.). DOI: 10.21516/2072-0076-2017-10-3-108-112
33. Янченко С.В., Малышев А.В., Сахнов С.Н., Букина А.В. Клинический опыт применения 0.2% олопатидина в лечении аллергического конъюнктивита. *Офтальмология*. 2019;16(3):378–385. DOI: 10.18008/1816-5095-2019-3-378-385
34. Yanchenko S.V., Malyshev A.V., Sakhnov S.N., Bukina A.V. Clinical Experience of Using 0.2% Olopatadine in the Allergic Conjunctivitis Treatment. *Ophthalmology in Russia*. 2019;16(3):378–385 (in Russ.). DOI: 10.18008/1816-5095-2019-3-378-385
35. Зумбулидзе Н.Г., Хокканен В.М., Литвин И.Б. Оценка терапевтической эффективности противоаллергических препаратов комбинированного действия в монотерапии аллергических конъюнктивитов. *Офтальмология*. 2020;17(1):117–123. DOI: 10.18008/1816-5095-2020-1-117-123
36. Zumbulidze N.G., Khokkanen V.M., Litvin I.B. Evaluation of the Therapeutic Effectiveness of Combined Action Antiallergic Drugs in Monotherapy of Allergic Conjunctivitis. *Ophthalmology in Russia*. 2020;17(1):117–123 (in Russ.). DOI: 10.18008/1816-5095-2020-1-117-123
37. Berger W., Abelson M.B., Gomes P.J. et al. Effects of adjuvant therapy with 0.1% olopatadine hydrochloride ophthalmic solution on quality of life in patients with allergic rhinitis using systemic or nasal therapy. *Ann Allergy Asthma Immunol*. 2005;95(4):361–371. DOI: 10.1016/S1081-1206(10)61155-6
38. Castillo M., Scott N.W., Mustafa M.Z. et al. Topical antihistamines and mast cell stabilisers for treating seasonal and perennial allergic conjunctivitis. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015;2015(6):CD009566. DOI: 10.1002/14651858.CD009566.pub2
39. Kam K.W., Chen L.J., Wat N., Young A.L. Topical Olopatadine in the Treatment of Allergic Conjunctivitis: A Systematic Review and Meta-analysis. *Ocul Immunol Inflamm*. 2017;25(5):663–677. DOI: 10.3109/09273948.2016.1158282
40. Krunkraipetch L., Tansavadi N., Krunkraipetch D. Ranking the efficacy of topical treatments for ocular allergy: A network meta-analysis of current evidence. *Ocul Surf*. 2025;37:273–282. DOI: 10.1016/j.jtos.2025.05.003
41. Yadav P., Gupta B.K., Gupta K. Mono versus dual therapy in allergic conjunctivitis: Is olopatadine enhanced by nonsteroidal anti-inflammatory drugs a better choice. *Haryana J Ophthalmol*. 2025;17:26–30. DOI: 10.4103/HJO.HJO_18_25
42. Лоскутов И.А., Хомякова Е.Н., Ромашова Е.Е. Лечение аллергического конъюнктивита препаратом Олопатедин-СЗ. *Эффективная фармакотерапия*. 2025;26:42–48.
43. Loskutov I.A., Khomyakova E.N., Romashova E.E. Treatment of Allergic Conjunctivitis with Olopatadine-SZ. *Effective Pharmacotherapy*. 2025;26:42–48 (in Russ.). DOI: 10.33978/2307-3586-2025-21-26-42-48
44. Zhang R., Park M., Richardson A. et al. Dose-dependent benzalkonium chloride toxicity imparts ocular surface epithelial changes with features of dry eye disease. *Ocul Surf*. 2020;18:158–169. DOI: 10.1016/j.jtos.2019.11.006
45. Baudouin C., Labbé A., Liang H., Pauly A., Brignole-Baudouin F. Preservatives in eyedrops: the good, the bad and the ugly. *Prog Retin Eye Res*. 2010;29(4):312–334. DOI: 10.1016/j.preteyeres.2010.03.001
46. Goldstein M.H., Silva F.Q., Blender N. et al. Ocular benzalkonium chloride exposure: problems and solutions. *Eye*. 2022;36:361–368. DOI: 10.1038/s41433-021-01668-x
47. Walsh K., Jones L. The use of preservatives in dry eye drops. *Clin Ophthalmol*. 2019;13:1409–1425. DOI: 10.2147/OPTH.S211611
48. Labbé A., Pauly A., Liang H. et al. Comparison of toxicological profiles of benzalkonium chloride and polyquaternium-1: an experimental study. *J Ocul Pharmacol Ther*. 2006;22(4):267–278. DOI: 10.1089/jop.2006.22.267
49. Meloni M., Pauly A., Servi B.D. et al. Occludin gene expression as an early in vitro sign for mild eye irritation assessment. *Toxicol In Vitro*. 2010;24:276–285. DOI: 10.1016/j.tiv.2009.08.016

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Дроздова Елена Александровна — д.м.н., профессор, заведующий кафедрой офтальмологии ФГБОУ ВО ЮУГМУ Минздрава России; 454092, Россия, г. Челябинск, ул. Воровского, д. 64; ORCID iD 0000-0002-1799-211X

Богомолова Анна Максимовна — ассистент кафедры офтальмологии ФГБОУ ВО ЮУГМУ Минздрава России; 454092, Россия, г. Челябинск, ул. Воровского, д. 64; ORCID iD 0009-0007-9630-8227

Ядыкина Елена Владимировна — к.м.н., ассистент кафедры офтальмологии ФГБОУ ВО ЮУГМУ Минздрава России; 454092, Россия, г. Челябинск, ул. Воровского, д. 64; ORCID iD 0000-0001-7362-367X

Контактная информация: Дроздова Елена Александровна, e-mail: dhelena2006@yandex.ru

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 30.06.2026.

Поступила после рецензирования 17.07.2026.

Принята в печать 28.07.2026.

ABOUT THE AUTHORS:

Elena A. Drozdova — Dr. Sc. (Med.), Professor, Head of the Department of Ophthalmology, South Ural State Medical University; 64, Vorovskogo str., Chelyabinsk, 454092, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-1799-211X

Anna M. Bogomolova — Assistant of the Department of Ophthalmology, South Ural State Medical University; 64, Vorovskogo str., Chelyabinsk, 454092, Russian Federation; ORCID iD 0009-0007-9630-8227

Elena V. Yadykina — C. Sc. (Med.), Assistant of the Department of Ophthalmology, South Ural State Medical University; 64, Vorovskogo str., Chelyabinsk, 454092, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-7362-367X

Contact information: Elena A. Drozdova, e-mail: dhelena2006@yandex.ru

Financial Disclosure: no authors have a financial or property interest in any material or method mentioned.

There is no conflict of interest.

Received 30.06.2026.

Revised 17.07.2026.

Accepted 28.07.2026.

ПРОТИВОАЛЛЕРГИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО

otc PHARM
ОТИСИФАРМ

Реклама

КАПЛИ ГЛАЗНЫЕ

АЛЛЕНОКАП®

Олопатадин 1 мг/мл

НОВИНКА
2026

**ДЛЯ КУПИРОВАНИЯ
СИМПТОМОВ
АЛЛЕРГИЧЕСКОГО
КОНЪЮНКТИВИТА**



- ✓ **Подходит для длительного применения**
- ✓ **Содержит консервант ПОЛИКВАТЕРНИЙ-1 вместо бензалкония хлорида (БАХ)**
- ✓ **ПОЛИКВАТЕРНИЙ-1 относительно более безопасен при длительной терапии* благодаря низкой цитотоксичности¹**

*в сравнении с БАХ

По 1 капле 2 раза в сутки

Для взрослых и детей с 3-х лет



¹ - Rolando, M. (no date) "Ophthalmic preservatives: focus on polyquaternium-1." doi: 10.1517/17425247.2011.617736 / Роландо, М. (без даты) «Офтальмологические консерванты: фокус на поликватерниум-1». doi: 10.1517/17425247.2011.617736.

АО «Отисифарм», 123112, г. Москва, ул. Тестовая, д.10, помещ. 1/16 Телефон: +7(495)221-18-00, факс: +7(495)221-18-02 www.otcpharm.ru

ИНФОРМАЦИЯ ПРЕДНАЗНАЧЕНА ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-9

Лотепреднола этабонат в офтальмологической практике: клиничко-фармакологические аспекты применения

Г.Ю. Кнорринг

ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России, Москва, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Противовоспалительные средства являются важным компонентом терапии воспалительных заболеваний глаза, а также применяются при других состояниях, включая послеоперационный период в офтальмохирургии. Наиболее часто в офтальмологической практике используются глюкокортикостероиды (ГКС) и нестероидные противовоспалительные препараты. Лотепреднола этабонат (ЛЭ) – топический ГКС, разработанный для применения в офтальмологической практике. Особенности химического строения ЛЭ, включая наличие сложнэфирной группы, определяют его принадлежность к так называемым «мягким стероидам»: после реализации фармакологического эффекта молекула метаболизируется с образованием неактивных метаболитов. В статье рассмотрены клиничко-фармакологические характеристики ЛЭ, включая липофильность, проникновение в ткани глаза, аффинность к глюкокортикоидным рецепторам, противовоспалительную активность и влияние на внутриглазное давление. Отдельное внимание уделено сравнению ЛЭ с другими топическими ГКС, применяемыми в офтальмологии, а также данным о его влиянии на поверхность глаза и профиле безопасности. Представленные данные позволяют рассматривать ЛЭ как один из вариантов топической противовоспалительной терапии при заболеваниях и состояниях, сопровождающихся воспалением переднего отрезка глаза, с учетом его фармакологических особенностей и переносимости.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: топические глюкокортикостероиды, лотепреднола этабонат, увеит, эпителиопатия, дексаметазон.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Кнорринг Г.Ю. Лотепреднола этабонат в офтальмологической практике: клиничко-фармакологические аспекты применения. Клиническая офтальмология. 2026;26(3):255–261. DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-9

Loteprednol etabonate in ophthalmic practice: clinical and pharmacological aspects of use

G.Yu. Knorring

Russian University of Medicine, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Anti-inflammatory agents are an important component of the treatment of inflammatory eye diseases and are also used in other clinical settings, including the postoperative period in ophthalmic surgery. The most commonly used anti-inflammatory agents in ophthalmic practice are glucocorticosteroids (GCS) and nonsteroidal anti-inflammatory drugs. Loteprednol etabonate (LE) is a topical GCS developed for ophthalmic use. Its distinctive chemical structure, including the presence of an ester group, places LE among the so-called "soft steroids": following exertion of its pharmacological effect, the molecule undergoes metabolism to inactive metabolites. This article reviews the clinical and pharmacological characteristics of LE, including its lipophilicity, penetration into ocular tissues, affinity for glucocorticoid receptors, anti-inflammatory activity, and effects on intraocular pressure. Particular attention is given to comparisons of LE with other topical GCS used in ophthalmology, as well as to available data on its effects on the ocular surface and safety profile. The available evidence supports the consideration of LE as an option for topical anti-inflammatory therapy in diseases and conditions associated with inflammation of the anterior segment of the eye, taking into account its pharmacological features and tolerability.

KEYWORDS: topical glucocorticosteroids, loteprednol etabonate, uveitis, epitheliopathy, dexamethasone.

FOR CITATION: Knorring G.Yu. Loteprednol etabonate in ophthalmic practice: clinical and pharmacological aspects of use. Russian Journal of Clinical Ophthalmology. 2026;26(3):255–261 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-9

ВВЕДЕНИЕ

Противовоспалительные средства являются важным компонентом терапии воспалительных заболеваний глаза, а также применяются при других состояниях, включая послеоперационное ведение в офтальмохирургии, где их использование направлено на контроль воспалительной реакции и более благоприятное течение послеоперационного периода [1–3]. Наиболее часто в офтальмологической практике используются глюкокортикостероиды (ГКС) и нестероидные противовоспалительные препараты (НПВП) [2].

В основе клинических проявлений большинства указанных патологических состояний лежит воспалительный процесс, контроль которого является одной из целей включения топических ГКС (тГКС) в схемы терапии; в действующих клинических рекомендациях по неинфекционным увеитам предусмотрено назначение ГКС для местного применения при активном воспалении переднего отрезка глаза [4–6].

Механизм действия стероидных гормонов связан с регуляцией активности ряда генов. После проникновения в клетку-мишень ГКС в цитоплазме взаимодействуют со

специфическим белковым рецептором и далее поступают в ядро клетки, где образованный комплекс связывается с участками ДНК. Эффект развивается в течение нескольких часов и обусловлен синтезом новых РНК и функциональных белков, в том числе белков, способных тормозить активность фосфолипазы A2. В результате уменьшается образование арахидоновой кислоты из фосфолипидов; арахидоновая кислота, в свою очередь, является субстратом для синтеза простагландинов и лейкотриенов [2, 7]. Кроме того, противовоспалительный и противоаллергический эффекты ГКС связаны с торможением миграции клеток воспаления и высвобождения тучными клетками различных медиаторов воспаления, включая гиалуронидазу и гистамин. В отличие от других противовоспалительных средств у ГКС выражено антипролиферативное действие: они угнетают пролиферацию фибробластов и синтез ими коллагена [7, 8].

Иммунодепрессивное действие ГКС обусловлено избирательным торможением функции и развития иммунокомпетентных лимфоидных клеток, а не специфическим цитостатическим действием, характерным для других иммунодепрессантов [2, 8]. В совокупности ГКС стабилизируют клеточные мембраны тучных клеток, уменьшают проницаемость капилляров, стабилизируют мембраны лизосом, оказывают антиэкссудативное действие, обладают антипролиферативным и иммунодепрессивным эффектами, а также ингибируют экспрессию генов, кодирующих синтез белков, участвующих в развитии воспаления [1, 2, 8, 9]. В офтальмологии результатом применения ГКС является фармакологический контроль воспалительных процессов и снижение риска связанных с ними осложнений.

К концу 1980-х годов одной из клинико-фармакологических задач оставалось снижение риска стероид-ассоциированных нежелательных явлений при сохранении противовоспалительной активности. Применение преднизолона и дексаметазона при длительной терапии могло сопровождаться повышением внутриглазного давления (ВГД), развитием стероидной глаукомы и катаракты [10, 11]. Одним из подходов к решению данной задачи стало создание лотепреднола этиобата (ЛЭ) — молекулы с лабильной сложноэфирной группой, которая в тканях глаза быстро расщепляется ферментами, вследствие чего после реализации фармакологического эффекта активность препарата снижается в течение нескольких часов. Такая особенность рассматривается как фактор, способствующий уменьшению риска повышения ВГД. В 1998 г. офтальмологическая форма 0,5% ЛЭ была одобрена FDA (Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США) [12].

ФАРМАКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЭ

Особенности химического строения ЛЭ определяют ряд его фармакологических характеристик. Структурно ЛЭ отличается от преднизолона и других местных ГКС тем, что кетоновая группа в положении углерода-20 (C-20) заменена хлорметилным эфиром, а 17 α -гидроксильная группа — карбонатным фрагментом. Благодаря этим особенностям после реализации фармакологического эффекта ЛЭ достаточно быстро метаболизируется, что рассматривается как один из факторов снижения риска потенциальных нежелательных явлений [13]. Замена кетонной группы на сложноэфирную

позволяет относить ЛЭ к так называемым «мягким стероидам»: после взаимодействия с рецепторами и реализации противовоспалительного действия молекула превращается в неактивные продукты метаболизма, что может способствовать снижению риска стероид-ассоциированных осложнений [2, 8, 13].

Одним из факторов, влияющих на фармакологические свойства ЛЭ, является его более высокая липофильность по сравнению с дексаметазоном [14]. За счет лучшей растворимости в липидах ЛЭ быстрее и полнее проникает через эпителиальные барьеры слизистой оболочки, затем поступает в клетки-мишени и достигает внутриклеточных глюкокортикоидных рецепторов (ГР) [7, 13]. В целом более высокая липофильность стероида способствует его более быстрому проникновению в биологические ткани и началу реализации противовоспалительного действия [7, 15, 16].

Согласно результатам исследования на кроликах высокая липофильность ЛЭ обеспечивает достижение максимальной концентрации ($C_{\max}$) в тканях роговицы и конъюнктивы уже через 5 мин после инстилляции: по данным исследований, высокие уровни ЛЭ определялись через 5 мин, а затем постепенно снижались в течение 3 ч [16]. Для других тГКС время достижения $C_{\max}$ в роговице кроликов составляет от 15 до 30 мин и более. Для ЛЭ описаны быстрое проникновение в ткани глаза и раннее начало клинического действия [7–9, 17]. Характерным является и распределение ЛЭ в тканях глаза: наиболее высокие концентрации были обнаружены в роговице и конъюнктиве, умеренные — в радужной оболочке и цилиарном теле, более низкие — в водянистой влаге [18]. Таким образом, ЛЭ характеризуется выраженной способностью проникать в ткани глаза.

К фармакологически значимым характеристикам ЛЭ относится высокая аффинность к ГР, превышающая аффинность дексаметазона. Доклинические данные свидетельствуют, что ЛЭ связывается с ГР с большим сродством, чем ряд классических стероидов. В конкурентном анализе связывания с ГР легкого крысы аффинность ЛЭ оказалась в 4,3 раза выше, чем у дексаметазона [13, 19]. Более высокое сродство к рецепторам может способствовать реализации противовоспалительного эффекта при относительно низкой концентрации препарата, что имеет значение при состояниях, требующих длительной стероидной терапии. За счет более высокой аффинности к рецепторам по сравнению с дексаметазоном и последующей внутриглазной инактивации ЛЭ рассматривается как ГКС с выраженной противовоспалительной активностью и потенциально меньшим риском местных нежелательных явлений [20]. В клинических исследованиях ЛЭ 0,5% демонстрировал противовоспалительные результаты, сопоставимые с результатами применения более высоких доз других ГКС [21, 22]; показана сопоставимая эффективность ЛЭ и преднизолона ацетата 1% в контроле послеоперационного воспаления [20]. Согласно представленным данным ЛЭ имеет 4,3-кратно большее сродство к ГР и 10-кратно более высокую липофильность относительно дексаметазона, что рассматривается как один из факторов его противовоспалительной активности при низких концентрациях [13, 19–23].

В исследовании на модели индуцированного эндотоксинами увеита у кроликов проводилось сравнение эффективности ГКС: дексаметазона натрия фосфата 0,1% (Дек), ЛЭ 0,5%, фторметолона 0,1% (ФМ) и преднизолона

ацетата 1% (Пред). Первую дозу вводили через 24 ч после индуцирования увеита. Одним из маркеров сравнения эффективности различных ГКС был показатель миграции, или интернализации, ГР через 24 и 72 ч для каждого КС. Интернализацию выражали как разницу в процентах между количеством цитозольных рецепторов в нормальном противоположном глазу и леченом глазу. Количество рецепторов в нормальном контралатеральном глазу оставалось постоянным в группах лечения и не изменялось в ходе исследования. Применение ГКС ускоряло интернализацию ГР из цитозоля в ядро. Только ЛЭ и Пред значимо увеличивали интернализацию ГР в промежутке от 24 до 72 ч. При применении ЛЭ отмечалась наиболее интенсивная миграция ГР в ядро, что может быть связано с более высокой аффинностью ЛЭ к ГР. Эти данные могут рассматриваться как одно из возможных объяснений выраженности противовоспалительного эффекта ЛЭ в данной экспериментальной модели увеита [20]. Возможно, что с этим же связаны данные, что ЛЭ превосходит более чем в 4 раза Дек и ФМ по противовоспалительной активности в рамках модели *in vitro* (данные представлены в таблице 1) [24].

Клинико-фармакологическая характеристика тГКС

Краткая сравнительная характеристика тГКС, применяемых в офтальмологической практике, по данным ряда исследований представлена в таблице 2¹ [13, 14, 16, 25, 26].

При сравнительной оценке тГКС в офтальмологической практике значение имеют не только выраженность противовоспалительного действия, фармакокинетические характеристики и влияние на ВГД, но и воздействие препарата и его вспомогательных компонентов на глазную поверхность. Этот аспект особенно важен у пациентов с исходными нарушениями состояния эпителия роговицы и конъюнктивы, а также при сопутствующем ССГ.

Топические ГКС и содержащиеся в них консерванты могут замедлять заживление повреждений, вызывать

Таблица 1. Топические ГКС и противовоспалительная активность [адапт. из 24]

Table 1. Topical GCS and anti-inflammatory activity [adapted from 24]

Лекарственное средство Drug	Противовоспалительная активность по отношению к кортизолу Anti-inflammatory activity relative to cortisol
Лотепреднол / Loteprednol	105,8
Дексаметазон / Dexamethasone	23,8
Фторметалон / Fluorometholone	20,8
Преднизолон / Prednisolone	2,3
Кортизол / Cortisol	1,0

Note. Here and below: GCS, glucocorticosteroids.

или усиливать эпителиопатию роговицы, в том числе с появлением дефектов эпителия и неравномерного окрашивания глазной поверхности, особенно у пациентов с сопутствующим ССГ [27–31]. Показано, что применение одного из наиболее часто назначаемых тГКС — дексаметазона 0,1% с консервантом бензалкония хлоридом или без него может по-разному влиять на состояние глазной поверхности у пациентов после экстракции катаракты (табл. 3) [31].

Авторы отмечают, что у пациентов, у которых исходно не было симптомов ССГ и показатель окрашивания был минимальным, через 2 нед. применения дексаметазона с консервантом отмечалось появление симптомов дискомфорта, включая ощущение инородного тела. У пациентов с практически нормальной поверхностью роговицы исходное значение окрашивания роговицы составляло 0,15 балла, однако через 2 нед. показатель увеличивался до 0,85 балла; окрашивание конъюнктивы при исходном значении 0,05 балла увеличивалось до 1,0 балла. Соответственно у пациентов, получавших глазные капли с дексаметазоном, отмечалось увеличение показателя окрашивания конъюнктивы и роговицы.

Таблица 2. Ключевые клинико-фармакологические характеристики тГКС¹ [13, 14, 16, 25, 26]

Table 2. Key clinical and pharmacological characteristics of topical GCS¹ [13, 14, 16, 25, 26]

Параметр Parameter	Лотепреднола этионат ¹ Loteprednol etabonate	Дексаметазон Dexamethasone	Дифлупреднат Difluprednate	Фторметалон Fluorometholone
Особенности строения Structural features	Отсутствие кетонной группы No ketone group	Кетонная группа в положении C-20 Ketone group at position C-20	Кетонная группа в положении C-20 Ketone group at position C-20	Кетонная группа в положении C-20 Ketone group at position C-200
Липофильность / Lipophilicity	Высокая / High	Средняя / Medium	Высокая / High	Средняя / Medium
Время достижения максимальной концентрации в роговице, мин Time to maximum corneal concentration, min	5	15	15–30	30
Период полувыведения (роговица), ч / Half-life (cornea), h	3,75	1,4	1,4	Не указано Not specified
Побочные эффекты: риск повышения ВГД / Adverse effects: risk of increased IOP	Низкий / Low	Высокий / High	Высокий / High	Умеренный / Moderate

¹ ОХЛП Лотемаксин Капли глазные 0,5%: фл. 5 мл с насадкой-капельницей РУ ЛП-№(005177)-(ПГ-РУ) от 12.03.2026.

Окончание таблицы 2

Table 2 (continued)

Параметр Parameter	Лотепреднола этабонат Loteprednol etabonate	Дексаметазон Dexamethasone	Дифлупреднат Difluprednate	Фторметолон Fluorometholone
Лекарственная форма, удобство применения Dosage form, ease of use	Суспензия, требует встряхивания Suspension, requires shaking	Суспензия, требует встряхивания / Suspension, requires shaking	Эмульсия, не требует встряхивания / Emulsion, no shaking required	Суспензия, требует встряхивания Suspension, requires shaking
Показания Indications	Терапия переднего увеита, применение после операции факоэмульсификации, лечение аллергического конъюнктивита Treatment of anterior uveitis, use after phacoemulsification cataract surgery, treatment of allergic conjunctivitis	Широкий спектр показаний* / Wide range of indications*	Терапия переднего увеита, применение после офтальмологических операций / Treatment of anterior uveitis, use after ophthalmic surgery	Терапия воспалительных заболеваний переднего отрезка глаза, в том числе после оперативных вмешательств, при аллергических конъюнктивитах и синдроме «сухого глаза» / Treatment of inflammatory diseases of the anterior segment of the eye, including after surgery, allergic conjunctivitis, and dry eye disease

Примечание. * — широкий спектр показаний: воспалительные заболевания переднего отдела глаза, включая острый и хронический увеит, иридоциклит, ирит и циклит; блефарит; кератоконъюнктивит — аллергический, сезонный, катаральный; профилактика и лечение воспалительных явлений в послеоперационном периоде; термический и химический ожог после полной эпителизации дефектов роговицы.

Note. * — wide range of indications: inflammatory diseases of the anterior segment of the eye, including acute and chronic uveitis, iridocyclitis, iritis, and cyclitis; blepharitis; keratoconjunctivitis (allergic, seasonal, catarrhal); prevention and treatment of postoperative inflammation; thermal and chemical burns after complete epithelialization of corneal defects.

Таблица 3. Изменение средних показателей окрашивания, полученных до операции и через 2 нед. после операции по удалению катаракты [адапт. из 31]

Table 3. Changes in mean staining scores from preoperative assessment to 2 weeks after cataract surgery [adapted from 31]

Показатель / Parameter	Дексаметазон без консерванта: исходно (95% ДИ) Preservative-free dexamethasone: baseline (95% CI)	Дексаметазон без консерванта: через 2 нед. (95% ДИ) Preservative-free dexamethasone: 2 weeks (95% CI)	p-value	Дексаметазон с консервантом: исходно (95% ДИ) Preserved dexamethasone: baseline (95% CI)	Дексаметазон с консервантом: через 2 нед. (95% ДИ) Preserved dexamethasone: 2 weeks (95% CI)	p-value
Окрашивание флуоресцеином, баллы Fluorescein staining, scores	0,2 (0,02–0,38)	0,57 (0,27–0,87)	0,09	0,15 (0,0–0,36)	0,85 (0,50–1,20)	0,03*
Окрашивание лиссаминовым зеленым, баллы / Lissamine green staining, scores	0,05 (0,0–0,15)	0,84 (0,22–1,46)	0,02	0,05 (0,0–0,14)	1,0 (0,51–1,49)	0,005*
Время разрыва слезной пленки, с Tear film break-up time, s	10,18 (7,81–12,55)	8,35 (6,16–10,54)	0,21	9,93 (8,36–11,15)	7,51 (5,65–9,37)	0,05

Примечание. * — различия статистически значимы при $p < 0,05$ (критерий Уилкоксона); ДИ — доверительный интервал.

Note. * — differences statistically significant at $p < 0.05$ (Wilcoxon test); CI, confidence interval.

тазоном и консервантом, уже через 2 нед. после операции по удалению катаракты отмечалось нарастание проявлений эпителиопатии, что выражалось в увеличении окрашивания конъюнктивы и роговицы [31].

Для оценки состояния глазной поверхности при применении топических противовоспалительных препаратов могут использоваться показатели эпителиопатии, в том числе изменение площади окрашивания эпителия роговицы и конъюнктивы. В исследовании 2014 г. у пациентов с ССГ и уже существующей эпителиопатией применяли ЛЭ или слезозаменитель (СЗ) в течение 14 дней. На фоне терапии было отмечено уменьшение степени окрашивания: флуоресцеином — в центральной части роговицы (табл. 4), лиссаминовым зеленым — в назальной части конъюнктивы (табл. 5) [32].

В исследовании 2004 г. ЛЭ оказывал положительное влияние на поверхность роговицы и конъюнктивы как через 2, так и через 4 нед. терапии, несмотря на наличие бен-

Таблица 4. Данные окрашивания центральной части роговицы [адапт. из 32]

Table 4. Central corneal staining data [adapted from 32]

Лечение Treatment	Глаз Eye	Исходно Baseline	День 14 Day 14
ЛЭ / LE	OD	0,7±0,1	0,5±0,1
ЛЭ / LE	OS	0,7±0,1	0,6±0,1
СЗ / TS	OD	0,5±0,1	0,4±0,1
СЗ / TS	OS	0,4±0,1	0,4±0,1

Примечание. Здесь и далее: ЛЭ — лотепреднола этабонат, СЗ — слезозаменитель.

Note. Here and below: LE — loteprednol etabonate; TS — tear substitute.

залкония хлорида 0,01%. У пациентов с ССГ была отмечена достоверная положительная динамика через 2 нед.

Таблица 5. Данные окрашивания назальной части конъюнктивы [адапт. из 32]**Table 5.** Nasal conjunctival staining data [adapted from 32]

Лечение Treatment	Глаз Eye	Исходно Baseline	День 14 Day 14	Глаз Eye
ЛЭ / LE	ЛЭ	OD	1,4±0,1	1,0±0,1
ЛЭ / LE	ЛЭ	OS	1,4±0,1	1,0±0,1
СЗ / TS	СЗ	OD	1,1±0,1	1,0±0,1
СЗ / TS	СЗ	OS	1,2±0,1	1,0±0,1

применения ЛЭ: уменьшение области окрашивания, отражающей выраженность эпителиопатии роговицы, на 35% и уменьшение гиперемии конъюнктивы на 25% [33]. В исследованиях ЛЭ продемонстрировал благоприятное воздействие на глазную поверхность без признаков токсического влияния на роговичный эпителий при 2- и 4-недельном применении [12, 33, 34]. Эти данные свидетельствуют о том, что краткосрочное топическое применение ЛЭ не сопровождалось повреждением эпителия и за счет контроля воспаления могло способствовать восстановлению глазной поверхности, что имеет значение для заживления после офтальмологических операций.

Профиль безопасности ЛЭ в отношении ВГД

Наряду с влиянием на глазную поверхность важным параметром безопасности тГКС является их способность индуцировать повышение ВГД. Для ЛЭ этот аспект имеет особое значение, поскольку особенности строения молекулы ЛЭ, в частности замена кетонной группы на сложноэфирную в положении С-20, влияют на его фармакокинетику и способствуют более быстрому метаболизму. Это рассматривается как один из факторов, связанных с меньшим риском стероид-ассоциированных нежелательных явлений, включая повышение ВГД и риск развития катаракты. При сравнении различных ГКС по способности повышать ВГД отмечено, что для ЛЭ характерен более низкий риск повышения ВГД по сравнению с рядом других тГКС (см. табл. 2). Повышение ВГД ≥ 10 мм рт. ст. было зарегистрировано у 1,7% (15/901) пациентов, длительно применявших ЛЭ [35, 36].

Более низкий риск повышения ВГД при применении ЛЭ описан и в серии работ [37, 38]. В этих исследованиях ЛЭ превосходил фторметолон и преднизолон по противовоспалительной активности, которую оценивали по динамике симптомов вернального кератоконъюнктивита, при этом применение преднизолона сопровождалось значительным повышением ВГД после 3-го дня приема [38]. Также отмечено значимое влияние дифлупредната и преднизолона на повышение ВГД при их использовании в качестве противовоспалительных средств после операций по удалению катаракты [31].

В регистрационном исследовании применения ЛЭ после операции удаления катаракты, включавшем 203 пациента, частота повышения ВГД ≥ 10 мм рт. ст. составила 0% на фоне ЛЭ 0,5% и около 1% в группе плацебо [39]. По данным ранних ключевых клинических испытаний офтальмологической суспензии ЛЭ при конъюнктивите, переднем

uveите и послеоперационном воспалении, препарат оказывал минимальное влияние на ВГД как при краткосрочном (<28 дней), так и при длительном (≥ 28 дней) применении. Совокупная доля пациентов с клинически значимым увеличением ВГД составила 0,8% (14 из 1725 участников) в исследованиях, оценивавших краткосрочное лечение ЛЭ, и 1,5% (21 из 1386 участников) в долгосрочных исследованиях [12]. Накопленные данные подтверждают благоприятный профиль безопасности ЛЭ как при краткосрочном, так и при долгосрочном применении [39, 40].

Клинические данные

Клинические данные по применению ЛЭ включают исследования его эффективности и безопасности при воспалительных состояниях переднего отрезка глаза. В 2017 г. было опубликовано исследование, в котором сравнивали два тГКС — ЛЭ и дексаметазон — при лечении субэпителиальных инфильтратов (СЭИ), развивающихся после эпидемического кератоконъюнктивита аденовирусной этиологии. В исследование были включены пациенты с двусторонними СЭИ. Один глаз пациента получал терапию ЛЭ, второй — дексаметазоном. Такой дизайн позволил сопоставить действие препаратов у одного и того же пациента, что снижало влияние межиндивидуальных различий на результаты сравнения [41].

Полученные данные показали, что дексаметазон и ЛЭ обеспечивали статистически сопоставимые результаты при лечении СЭИ после вирусного конъюнктивита. При этом ЛЭ характеризовался более благоприятным профилем безопасности: нежелательные явления, включая повышение ВГД, регистрировались реже. Таким образом, при сопоставимой эффективности препаратов авторы исследования отметили более благоприятные показатели переносимости ЛЭ, в том числе в отношении влияния на ВГД [41].

В совокупности имеющиеся данные позволяют рассматривать ЛЭ как тГКС с рядом фармакологических особенностей, включая высокую липофильность, высокую аффинность к ГР и быстрый метаболизм после реализации фармакологического эффекта. Эти характеристики определяют интерес к его применению в офтальмологической практике, в том числе при воспалительных состояниях переднего отрезка глаза. По данным опубликованных исследований и обзоров, ЛЭ сопоставим с рядом традиционно применяемых тГКС по противовоспалительной активности и характеризуется благоприятным профилем переносимости, прежде всего в отношении влияния на ВГД [40–45].

Заключение

Лотепреднола этабонат — тГКС для офтальмологии. ЛЭ является «мягким стероидом» с мощной противовоспалительной активностью: отсутствие кетонной группы в С-20 и наличие сложноэфирного фрагмента обеспечивают его превращение в неактивный метаболит после взаимодействия с рецептором, что снижает риск побочных эффектов, включая влияние на ВГД. Липофильность ЛЭ примерно в 10 раз выше, чем у дексаметазона, время достижения максимальной концентрации — 5 мин для роговицы и конъюнктивы (у дексаметазона — 15 мин), что способствует более быстрому началу действия. Аффинность к ГР-рецепторам у ЛЭ более чем в 4 раза выше, чем у дексаметазона, а на модели

увейта показана более интенсивная ядерная транслокация рецептора, что объясняет его более выраженный противовоспалительный эффект. ЛЭ эффективно контролирует воспаление, в том числе при наличии бензалькония хлорида, без замедления эпителизации. Важной клинической характеристикой является более низкая способность повышать ВГД по сравнению с другими ГКС. Совокупность фармакологических и клинических свойств позволяет рассматривать ЛЭ как предпочтительный ГКС для послеоперационной противовоспалительной терапии, особенно при необходимости минимизации риска офтальмогипертензии и сохранения глазной поверхности. ▲

Литература / References

1. Prinz J., Maffulli N., Fuest M. et al. Efficacy of topical administration of corticosteroids for the management of dry eye disease: Systematic review and meta-analysis. *Life*. 2022;12(11):1932. DOI: 10.3390/life12111932
2. Зырянов С.К., Бутранова О.И. Топические глюкокортикостероиды в офтальмологии: сравнительный анализ эффективности и безопасности. *Российский офтальмологический журнал*. 2023;16(2):166–172. DOI: 10.21516/2072-0076-2023-16-2-166-172
3. Zyryanov S.K., Butranova O.I. Topical glucocorticoids in ophthalmology: a comparative analysis of efficacy and safety. *Russian Ophthalmological Journal*. 2023;16(2):166–172 (in Russ.). DOI: 10.21516/2072-0076-2023-16-2-166-172
4. Khoo P., Cabrera-Aguas M., Watson S.L. Topical steroids as adjunctive therapy for bacterial keratitis: Evidence from a retrospective case series of 313 cases. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*. 2020;9(5):398–403. DOI: 10.1097/APO.0000000000000320
5. Lin A., Rhee M.K., Akpek E.K. et al. Bacterial keratitis preferred practice pattern®. *Ophthalmology*. 2019;126(1):1–55. DOI: 10.1016/j.optha.2018.10.018
6. Ghadiri N., Reekie I.R., Gordon I. et al. Systematic review of clinical practice guidelines for uveitis. *BMJ Open Ophthalmology*. 2023;3:e001091. DOI: 10.1136/bmjophth-2022-001091
7. Офтальмология: национальное руководство. Под ред. С.Э. Аветисова, Е.А. Егоров, Л.К. Мошетовой и др. 3-е изд., перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2024.
8. Ophthalmology: national guide. S.E. Avetisov, E.A. Egorov, L.K. Moshetova et al., eds. 3rd ed., revised and additional M.: GEOTAR-Media; 2024 (in Russ.).
9. Löwenberg M., Stahn C., Hommes D.W., Buttgerit F. Novel insights into mechanisms of glucocorticoid action and the development of new glucocorticoid receptor ligands. *Steroids*. 2008;73(9-10):1025–1029. DOI: 10.1016/j.steroids.2007.12.002
10. Майчук Д.Ю., Тарханова А.А. Преимущества «мягких стероидов» в лечении воспалительных заболеваний глаз. Обзор. *Офтальмология*. 2021;18(4):778–783.
11. Maychuk D.Yu., Tarkhanova A.A. Advantages of "Soft Steroids" in the Treatment of Inflammatory Eye Diseases. Overview. *Ophthalmology in Russia*. 2021;18(4):778–783 (in Russ.). DOI: 10.18008/1816-5095-2021-4-778-783
12. Onyimba C.U., Vijapurapu N., Curnow S.J. et al. Characterisation of the prereceptor regulation of glucocorticoids in the anterior segment of the rabbit eye. *J Endocrinol*. 2006;190(2):483–493. DOI: 10.1677/joe.1.06840
13. Витовская О.П. Медикаментозно индуцированная глаукома. *Офтальмологические ведомости*. 2014;7(3):58–62.
14. Vitovskaya O.P. Drug-induced glaucoma. *Ophthalmological News*. 2014;7(3):58–62 (in Russ.).
15. McGhee C.N., Dean S., Danesh-Meyer H. Locally administered ocular corticosteroids: benefits and risks. *Drug Saf*. 2002;25:33–55. DOI: 10.2165/00002018-200225010-00004
16. Sheppard J.D., Comstock T.L., Cavet M.E. Impact of the Topical Ophthalmic Corticosteroid Loteprednol Etabonate on Intraocular Pressure. *Adv Ther*. 2016;33(4):532–552. DOI: 10.1007/s12325-016-0315-8
17. Comstock T.L., Decory H.H. Advances in corticosteroid therapy for ocular inflammation: loteprednol etabonate. *Int J Inflam*. 2012;2012:789623. DOI: 10.1155/2012/789623
18. Alberth M., Wu W.M., Winwood D., Bodor N. Lipophilicity, solubility and permeability of loteprednol etabonate: a novel, soft anti-inflammatory corticosteroid. *J Biopharm Sci*. 1991;2(2):115–125. DOI: 10.1002/bdd.2510080605
19. Katz M., Gans E.H. Topical corticosteroids, structure-activity and the glucocorticoid receptor: discovery and development a process of "planned serendipity". *J Pharm Sci*. 2008;97(8):2936–2947. DOI: 10.1002/jps.21222
20. Schopf L., Enlow E., Popov A. et al. Ocular Pharmacokinetics of a Novel Loteprednol Etabonate 0.4% Ophthalmic Formulation. *Ophthalmol Ther*. 2014;3(1-2):63–72. DOI: 10.1007/s40123-014-0021-z
21. Sulaiman R.S., Kadmiel M., Cidlowski J.A. Glucocorticoid receptor signaling in the eye. *Steroids*. 2018;133:60–66. DOI: 10.1016/j.steroids.2017.11.002
22. Druzgala P., Wu W.M., Bodor N. Ocular absorption and distribution of loteprednol etabonate, a soft steroid, in rabbit eyes. *Curr Eye Res*. 1991;10(10):933–937. DOI: 10.3109/02713689109020329
23. Druzgala P., Hochhaus G., Bodor N. Soft drugs-10. Blanching activity and receptor binding affinity of a new type of glucocorticoid: loteprednol etabonate. *J Steroid Biochem Mol Biol*. 1991;38(2):149–154. DOI: 10.1016/0960-0760(91)90120-t
24. Samudre S.S., Lattanzio F.A. Jr, Williams P.B., Sheppard J.D. Jr. Comparison of topical steroids for acute anterior uveitis. *J Ocul Pharmacol Ther*. 2004;20(6):533–547. DOI: 10.1089/jop.2004.20.533
25. Grigorian R.A., Shah A., Guo S. Comparison of loteprednol etabonate 0.5% (Lotemax) to prednisolone acetate 1% (Falcon) for inflammation treatment following cataract surgery [abstract]. Presented at: Association for Research in Vision and Ophthalmology Annual Meeting; Fort Lauderdale, FL; May 6–10, 2007. Abstract 1065/B1040.
26. Lane S.S., Holland E.J. Loteprednol etabonate 0.5% versus prednisolone acetate 1.0% for the treatment of inflammation after cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2013;39(2):168–173. DOI: 10.1016/j.jcrs.2012.10.039
27. Chen Y., Wang X., Gao M. et al. The effect of loteprednol suspension eye drops after corneal transplantation. *BMC Ophthalmol*. 2021;21(1):234. DOI: 10.1186/s12886-021-01982-8
28. Patel P.D., Kodati B., Clark A.F. Role of Glucocorticoids and Glucocorticoid Receptors in Glaucoma Pathogenesis. *Cells*. 2023;12:2452. DOI: 10.3390/cells12202452
29. Ших Е.В., Махова А.А. Дифлупреднат: клинико-фармакологический анализ опыта и перспектив применения в фармакотерапии глазных болезней. *Клиническая офтальмология*. 2025;25(1):42–48. DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-1-6
30. Shikh E.V., Makhova A.A. Difluprednate: clinical pharmacological analysis of experience and prospects of its application in eye disease pharmacotherapy. *Russian Journal of Clinical Ophthalmology*. 2025;25(1):42–48 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-1-6
31. Naageshwaran V., Ranta V.P., Toropainen E. et al. Topical pharmacokinetics of dexamethasone suspensions in the rabbit eye: Bioavailability comparison. *Int J Pharm*. 2022;615:121515. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2022.121515
32. Kadmiel M., Janoshazi A., Xu X., Cidlowski J.A. Glucocorticoid action in human corneal epithelial cells establishes roles for corticosteroids in wound healing and barrier function of the eye. *Exp Eye Res*. 2016;152:10–33. DOI: 10.1016/j.exer.2016.08.020
33. Ayaki M., Iwasawa A., Niwano Y. Comparative assessment of the cytotoxicity of six anti-inflammatory eyedrops in four cultured ocular surface cell lines, as determined by cell viability scores. *Clin Ophthalmol*. 2012;6:1879–1884.
34. Gokhale N.S., Vemuganti G.K. Diclofenac-induced acute corneal melt after collagen crosslinking for keratoconus. *Cornea*. 2010;29(1):117–119. DOI: 10.1097/ICO.0b013e3181a06c31
35. Кноорринг Г.Ю. Применение декспантенола при повреждении роговицы. *Вестник офтальмологии*. 2023;139(6):119–124.
36. Knorrning G.Yu. Use of dexpanthenol in corneal damage. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2023;139(6):119–124 (in Russ.). DOI: 10.17116/oftalma202313906119
37. Muzyka-Woźniak M., Stróżecki Ł., Przeździecka-Dołyk J. Assessment of the eye surface and subjective symptoms after using 0.1% dexamethasone drops with and without preservatives in patients after cataract surgery. *Sci Rep*. 2023;13:18625. DOI: 10.1038/s41598-023-44939-1
38. Sheppard J.D., Donnenfeld E.D., Holland E.J. et al. Effect of loteprednol etabonate 0.5% on initiation of dry eye treatment with topical cyclosporine 0.05%. *Eye Contact Lens*. 2014;40(5):289–296. DOI: 10.1097/ICL.0000000000000049
39. Pflugfelder S.C., Maskin S.L., Anderson B. et al. A randomized, double-masked, placebo-controlled, multicenter comparison of loteprednol etabonate ophthalmic suspension, 0.5%, and placebo for treatment of keratoconjunctivitis sicca in patients with delayed tear clearance. *Am J Ophthalmol*. 2004;138(3):444–457. DOI: 10.1016/j.ajo.2004.04.052
40. Mazet R., Yaméogo J.B.G., Wouessidjewe D. et al. Recent Advances in the Design of Topical Ophthalmic Delivery Systems in the Treatment of Ocular Surface Inflammation and Their Biopharmaceutical Evaluation. *Pharmaceutics*. 2020;12(6):570. DOI: 10.3390/pharmaceutics12060570
41. Novack G.D., Howes J., Crockett R.S., Sherwood M.B. Change in intraocular pressure during long-term use of loteprednol etabonate. *J Glaucoma*. 1998;7:266–269. PMID: 9713785
42. Pleyer U., Ursell P.G., Rama P. Intraocular pressure effects of common topical steroids for post-cataract inflammation: are they all the same? *Ophthalmol Ther*. 2013;2(2):55–72. DOI: 10.1007/s40123-013-0020-5
43. Price M.O., Feng M.T., Scameo A., Price F.W. Jr. Loteprednol Etabonate 0.5% Gel Vs. Prednisolone Acetate 1% Solution after descemet membrane endothelial keratoplasty: Prospective randomized trial. *Cornea*. 2015;34(8):853–858. DOI: 10.1097/ICO.0000000000000475
44. Price M.O., Price F.W. Jr, Kruse F.E. et al. Randomized comparison of topical prednisolone acetate 1% versus fluorometholone 0.1% in the first year after descemet membrane endothelial keratoplasty. *Cornea*. 2014;33(9):880–886. DOI: 10.1097/ICO.0000000000000206
45. The Loteprednol Etabonate Postoperative Inflammation Study Group 2. A double-masked, placebo-controlled evaluation of 0.5% loteprednol etabonate in the treatment of postoperative inflammation. *Ophthalmology*. 1998;105:1780–1786. DOI: 10.1016/s0161-6420(98)99054-6

40. Elettrey A.M., Alsaied M.A., Saleh M.M. et al. Efficacy and Safety of Loteprednol Etabonate in Managing Pain and Inflammation After Cataract Surgery: A Systematic Review and Meta-analysis. *Eye Contact Lens*. 2025;51(11):481–490. DOI: 10.1097/ICL.0000000000001210
41. Koçluk Y., Sukgen E.A., Cevher S., Mat E. Symptomatic Treatment of Subepithelial Infiltrates after Viral Conjunctivitis: Loteprednol or Dexamethasone? *Ocul Immunol Inflamm*. 2017;25(5):649–653. DOI: 10.3109/09273948.2016.1149593
42. Gill M.S., Murphy D.A., Dvorak J.D. et al. Fill levels, cost comparisons, and expulsion force requirements of commonly used topical ophthalmic steroids. *J Cataract Refract Surg*. 2022;48(4):475–480. DOI: 10.1097/jjcrs.0000000000000833
43. Sendrowski D.P. et al. Anti-inflammatory drugs. In: Bartlett J.D., Jaanus S.O., eds. *Clinical Ocular Pharmacology*. 5th ed. St. Louis: Butterworth-Heinemann; 2008.
44. Negi A.K., Browning A.C., Vernon S.A. Single perioperative triamcinolone injection versus standard postoperative steroid drops after uneventful phacoemulsification surgery: randomized controlled trial. *J Cataract Refract Surg*. 2006;32(3):468–474. DOI: 10.1016/j.jcrs.2005.12.102
45. Schoenwald R.D., Harris R.G., Turner D. et al. Ophthalmic bioequivalence of steroid/antibiotic combination formulations. *Biopharm Drug Dispos*. 1987;8(6):527–548. DOI: 10.1002/bdd.2510080605

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Кнорринг Герман Юрьевич — к.м.н., доцент кафедры терапии, клинической фармакологии и скорой медицинской помощи лечебного факультета научно-образовательного института клинической медицины им. Н.А. Семашко ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России; 127006, Россия, г. Москва, ул. Долгоруковская, д. 4; ORCID iD 0000-0003-4391-2889

Контактная информация: Кнорринг Герман Юрьевич, e-mail: knorring@mail.ru

Прозрачность финансовой деятельности: автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 02.06.2026.

Поступила после рецензирования 24.06.2026.

Принята в печать 20.07.2026.

ABOUT THE AUTHOR:

German Yu. Knorring — C. Sc. (Med.), Associate Professor of the Department of Therapy, Clinical Pharmacology and Emergency Medical Care, Faculty of General Medicine, N.A. Semashko Research and Educational Institute of Clinical Medicine, Russian University of Medicine; 4, Dolgorukovskaya str., Moscow, 127006, Russian Federation; ORCID iD 0000-0003-4391-2889

Contact information: German Yu. Knorring, e-mail: knorring@mail.ru

Financial Disclosure: the author has no financial or property interest in any material or method mentioned.

There is no conflict of interest.

Received 02.06.2026.

Revised 24.06.2026.

Accepted 20.07.2026.

BAUSCH+LOMB

Лотемаксин

МОЩНАЯ СИЛА ПРОТИВ ВОСПАЛЕНИЯ ГЛАЗ!

**Новый класс кортикостероидов с мощной
противовоспалительной активностью¹**

Противовоспалительная активность лотепреднола аналогична
действию традиционных кортикостероидов, применяемых
в офтальмологии²

Лотепреднол **обладает** меньшим потенциалом для
содействия образования катаракты, чем кетоновые
стероиды²

Лотепреднол **оказывает** минимальное
влияние на ВГД^{3*}

**ИНСТРУКЦИЯ
ПО ПРЕПАРАТУ**



РУ ЛП-№(005177)-(ПГ-РУ) от 15.04.2024

RUS-OPH-LTM-LTM-04-2025-5668

1. ОХЛП РУ ЛП-№(005177)-(ПГ-РУ) от 15.04.2024. 2. Comstock TL & Decory HH. Advances in corticosteroid therapy for ocular inflammation: loteprednol etabonate. Int J Inflam. 2012;2012:789623. 3. Sheppard JD et al. Impact of the Topical Ophthalmic Corticosteroid Loteprednol Etabonate on Intraocular Pressure. Adv Ther. 2016 Apr;33(4):532-52. * клинически значимое повышение ВГД наблюдалось только у 0,8% пациентов, получавших краткосрочное лечение ЛЭ (менее 28 дней) и у 1,5%, получавших долгосрочное лечение ЛЭ (не менее 28 дней).

Полную информацию Вы можете получить в ООО «Бауш Хелс»: тел.: +7 (495) 510-2879 | www.bausch.ru

Реклама

ИНФОРМАЦИЯ ПРЕДНАЗНАЧЕНА ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ И ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ

DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-10

Нейротрофическая кератопатия: современные представления о механизмах развития и перспективы лечения

А.В. Суров^{1,2}, О.И. Лебедев¹, Д.Е. Болгова³¹ФГБОУ ВО ОмГМУ Минздрава России, Омск, Российская Федерация²БУЗОО «КОБ им. В.П. Выходцева», Омск, Российская Федерация³УЗ «Центр медицинской профилактики и коррекции аномалий зрения», Омск, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Нейротрофическая кератопатия (нейротрофический кератит) (НК) — редкое дегенеративное заболевание роговицы, характеризующееся нарушением сенсорной иннервации роговицы, приводящее к образованию дефектов эпителия с изъязвлением стромы (расплавлением) или без него, сопровождается снижением или отсутствием чувствительности роговицы. Наиболее частой причиной этого заболевания является предшествующий герпетический кератит, тем не менее любые состояния, нарушающие целостность и нормальное функционирование нервов роговицы, могут привести к НК. Патогенез НК обусловлен дисфункцией нервов роговицы, берущих начало от I ветви тройничного нерва, что приводит к нарушению гомеостаза клеток эпителия роговицы и формированию незаживающих эрозий. НК классифицируется на основании тяжести повреждения роговицы: 1-я стадия — эпителиопатия, 2-я стадия — персистирующая эрозия роговицы, 3-я стадия — язва роговицы и ее осложнения. Для стабилизации прогрессирования заболевания, улучшения самочувствия пациента и предотвращения потери зрения в настоящее время доступны различные подходы к лечению, включающие в себя консервативные и хирургические методы. В данной статье представлен всесторонний обзор этого заболевания, содержащий актуальную информацию о патогенезе, диагностике, вариантах лечения и новых методах терапии, которые могут быть более эффективными и безопасными по сравнению с традиционными подходами.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: нейротрофический кератит, нейротрофическая кератопатия, нервы роговицы, язва роговицы, невротизация роговицы.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Суров А.В., Лебедев О.И., Болгова Д.Е. Нейротрофическая кератопатия: современные представления о механизмах развития и перспективы лечения. Клиническая офтальмология. 2026;26(3):262–267. DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-10

Neurotrophic keratopathy: current concepts of the mechanisms of development and prospects for treatment

A.V. Surov^{1,2}, O.I. Lebedev¹, D.E. Bolgova³¹Omsk State Medical University, Omsk, Russian Federation²V.P. Vykhodtsev Clinical Ophthalmological Hospital, Omsk, Russian Federation³Center for Medical Prevention and Correction of Vision Anomalies, Omsk, Russian Federation

ABSTRACT

Neurotrophic keratopathy (NK), also referred to as neurotrophic keratitis, is a rare degenerative corneal disease characterized by impaired corneal sensory innervation, resulting in epithelial defects with or without stromal ulceration (melting), accompanied by reduced or absent corneal sensitivity. The most common cause of NK is previous herpetic keratitis; however, any condition that disrupts the integrity or normal function of the corneal nerves may lead to the development of this disorder. The pathogenesis of NK is associated with dysfunction of the corneal nerves originating from the first (ophthalmic) branch of the trigeminal nerve, leading to impaired corneal epithelial homeostasis and the formation of non-healing erosions. NK is classified according to the severity of corneal damage: stage 1 — epitheliopathy, stage 2 — persistent corneal erosion, and stage 3 — corneal ulcer and its complications. A variety of conservative and surgical treatment strategies are currently available to stabilize disease progression, improve patient outcomes, and prevent vision loss. This review provides a comprehensive overview of NK, summarizing current knowledge on its pathogenesis, diagnosis, therapeutic approaches, and emerging treatment modalities that may offer improved efficacy and safety compared with conventional management.

KEYWORDS: neurotrophic keratitis, neurotrophic keratopathy, corneal nerves, corneal ulcer, corneal neurotization.

FOR CITATION: Surov A.V., Lebedev O.I., Bolgova D.E. Neurotrophic keratopathy: current concepts of the mechanisms of development and prospects for treatment. Russian Journal of Clinical Ophthalmology. 2026;26(3):262–267 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-10

ВВЕДЕНИЕ

В 1824 г. Р.А. Магэнди [1] впервые описал нейротрофическую кератопатию (НК), предположив, что повреждение нервов роговицы вызывает ее дегенеративные изменения. В 1951 г. Е. Zander et al. [2] экспериментально подтвердили

эту гипотезу, показав развитие НК у животных с искусственно поврежденным тройничным нервом. В медицинской литературе это заболевание встречается под разными названиями: «нейропаралитический кератит» и «нейротрофический кератит», но наиболее точным термином считается

«нейротрофическая кератопатия» [3], поскольку он отражает не только воспалительный компонент, но и ключевой признак — потерю чувствительности роговицы. Хотя воспаление часто сопровождает это заболевание, оно обычно является вторичным процессом и развивается как осложнение на более поздних стадиях кератопатии [3].

ПАТОГЕНЕЗ НК

Роговица обладает самой плотной иннервацией среди всех тканей человеческого организма — около 7000 нервных окончаний на 1 мм² [4]. Ее нервная система организована в три основных сплетения: среднестромальное (расположенное в передней части стромы с уменьшающейся к центру плотностью), субэпителиальное (находящееся между боуменовской мембраной и эпителием и состоящее из миелинизированных нервов тройничного нерва) и суббазальное (состоящее из длинных волокон, обеспечивающих иннервацию эпителия) [5]. Интраэпителиальные нервные окончания образуют трехмерную сеть, наиболее плотную в центральной части роговицы. Интересно, что аксоны здесь лишены миелиновой оболочки — это эволюционное приспособление для сохранения прозрачности ткани [6, 7]. Помимо сенсорной функции, роговичные нервы играют важнейшую трофическую роль, выделяя нейротрофические факторы (НТФ): нейропептид Y, субстанцию P, фактор роста нервов (nerve growth factor, NGF) и др. [8]. Особое значение имеет субстанция P, которая не только стимулирует деление и миграцию клеток роговицы, но и активирует кератоциты, значительно ускоряя процессы репарации. Эти нейропептиды действуют синергически, усиливая эффекты друг друга [9].

Нервные окончания в роговичном эпителии находятся в состоянии постоянного обновления. При повреждении чувствительных нервов эти механизмы нарушаются, что приводит к серьезным расстройствам регенерации роговицы [10, 11].

При НК дисфункция роговичных нервов может развиваться при повреждении тройничного нерва на любом участке его пути. Существует взаимная зависимость между роговичными нервами и эпителиальными клетками: нервы обеспечивают не только защитные рефлексы (моргание и слезотечение), передавая афферентные сигналы в центральную нервную систему (ЦНС), но и трофическую поддержку. При их повреждении развивается порочный круг: нарушение иннервации → дефицит НТФ → нарушение регенерации эпителия → обнажение стромы → риск ферментативного расплавления ткани. Этот процесс может усугубляться сопутствующим синдромом «сухого глаза» (ССГ), возникающим из-за нарушения нейрогенной регуляции слезопroduкции [8, 10, 12].

ЭТИОЛОГИЯ И РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ НК

Известно, что НК может развиваться при любом состоянии, вызывающем нарушение иннервации роговицы, включая инфекции, ятрогенные причины, системные заболевания, поражения ЦНС. Наиболее частой причиной повреждения тройничного нерва, приводящего к НК, является герпетическая инфекция. Согласно данным Neurotrophic

Keratopathy Study Group (2023) вирусы простого герпеса и варицелла-зостер — основные инфекционные агенты, связанные с НК¹. Вирус герпеса нарушает функцию тройничного нерва и плотность суббазального нервного сплетения, повышая риск развития НК. Заболеваемость НК после герпетической инфекции варьируется от 6 до 27% для вируса простого герпеса и около 25% для вируса варицелла-зостер [13]. Хирургические вмешательства, такие как факоэмульсификация катаракты, витреоретинальная и рефракционная хирургия, также могут нарушить иннервацию роговицы. Среди генетических причин анестезии роговицы — синдром Мебиуса и синдром Райли — Дея. Другие факторы риска включают глаукому и ССГ, особенно при длительном использовании капель с консервантами. Системные заболевания, такие как сахарный диабет, играют значительную роль в развитии НК из-за прогрессирующего снижения плотности роговичных нервов [3].

В настоящее время нет точных данных о распространенности НК ни в России, ни в мире. Ранее в литературе встречались упоминания о приблизительной частоте НК — 1–5 случаев на 10 000 человек [13]. Согласно недавнему ретроспективному эпидемиологическому исследованию, проведенному во Франции, распространенность НК составляет 11/10 000 человек (0,11%), а средний возраст пациентов — 63,1 года. S. Saad et al. [11] подчеркивают тот факт, что в действительности распространенность НК больше приведенного показателя в связи с трудностями ранней диагностики заболевания.

КЛАССИФИКАЦИЯ НК

Классификация НК была впервые предложена I.A. Mackie в 1995 г. и включала 3 стадии развития заболевания: на 1-й стадии наблюдаются точечные эпителиальные дефекты, отек и гиперплазия эпителия роговицы, при этом окрашивание флуоресцеином выявляет повышенную вязкость слезы и уменьшение времени разрыва слезной пленки, а при длительном течении возможно развитие помутнений и поверхностной неоваскуляризации роговицы [14]. Вторая стадия характеризуется стойким дефектом эпителия в парацентральной области, окруженным отечным эпителием со склонностью к отслаиванию, при этом могут наблюдаться реакция в передней камере или стерильный гипопион, а механизм потери эпителия напоминает рецидивирующие эрозии. На 3-й стадии происходит поражение стромы с образованием язвы, что может привести к перфорации роговицы. В отличие от классификации Mackie, современная классификация Neurotrophic Keratopathy Study Group¹ (2023) более детально отражает эволюцию НК и включает 6 стадий (см. таблицу), при этом особое внимание уделяется важности ранней диагностики с помощью оценки чувствительности роговицы, что позволяет выявить НК еще до появления видимых клинических изменений [15].

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ НК

Диагностика НК основывается на регистрации клинических проявлений. Первый шаг в установке диагноза — тщательный сбор и анализ данных анамнеза, который помогает выявить факторы риска повреждения тройничного нерва.

¹ ReNewed Sensation: Improving awareness, diagnosis and treatment of neurotrophic keratitis (Electronic resource.) URL: <https://www.aao.org/Assets/344738c4-691b-4485-8a59-a3406f2b3882/637526501578070000/april-2021-eyenet-supplement-pdf?inline=1> (access date: 02.06.2025).

Таблица. Классификация НК, предложенная исследовательской группой Neurotrophic Keratopathy Study Group (2023)

Table. Classification of NK proposed by the Neurotrophic Keratopathy Study Group (2023)

Стадия Stage	Описание Description
0 (Легкая) 0 (Mild)	Изменение чувствительности без кератопатии Altered sensitivity without keratopathy
1 (Легкая) 1 (Mild)	Эпителиопатия роговицы без помутнения стромы Corneal epitheliopathy without stromal opacity
2 (Умеренная) 2 (Moderate)	Эпителиопатия (± дефект эпителия) с помутнением стромы / Epitheliopathy (± epithelial defect) with stromal opacity
3 (Тяжелая) 3 (Severe)	Стойкие или рецидивирующие дефекты эпителия ± вовлечение стромы / Persistent or recurrent epithelial defects ± stromal involvement
4 (Тяжелая) 4 (Severe)	Стойкий или рецидивирующий дефект эпителия и рубцевание стромы без изъязвления роговицы Persistent or recurrent epithelial defect and stromal scarring without corneal ulceration
5 (Тяжелая) 5 (Severe)	Стойкий или рецидивирующий дефект эпителия с изъязвлением роговицы (язва роговицы) Persistent or recurrent epithelial defect with corneal ulceration (corneal ulcer)
6 (Тяжелая) 6 (Severe)	Перфорация роговицы / Corneal perforation

Затем проводится тщательное офтальмологическое обследование. Основной критерий НК — снижение или потеря чувствительности роговицы. Однако следует учитывать и другие заболевания, такие как ССГ, блефарит, последствия химических ожогов, длительное использование контактных линз и нарушения, связанные с дефицитом стволовых клеток в области роговичного лимба (лимбальная недостаточность). Эти состояния могут быть как самостоятельными заболеваниями, так и сопутствующими. При наличии язв роговицы необходимо исключить другие распространенные причины, такие как инфекционные или иммунные заболевания [14].

Симптомы НК

Нарушение чувствительной иннервации роговицы при НК приводит к характерному отсутствию типичных жалоб на боль, резь или ощущение инородного тела, что существенно осложняет раннюю диагностику заболевания. Вследствие этого пациенты часто обращаются за медицинской помощью с существенной задержкой — через месяцы или даже годы после начала патологического процесса. Однако в некоторых случаях могут отмечаться жалобы на постепенное снижение остроты зрения и его нечеткость, обусловленные развитием точечной кератопатии, стойких эпителиальных дефектов, рубцовых изменений или отека роговой оболочки [3]. Особенностью клинической картины является диссонанс между выраженностью объективных изменений роговицы (от эпителиопатии до язвенного поражения) и субъективными ощущениями пациента, что требует от врача особой настороженности в отношении данной патологии, особенно у пациентов с известными факторами риска.

Диагностические тесты для выявления НК

Роговичная иннервация, обеспечиваемая глазной ветвью тройничного нерва, играет ключевую роль в защитных механизмах глаза, включая роговичный рефлекс (моргание) и слезопродукцию, реагируя на различные раздражители — механические, температурные и болевые. При НК происходит значительное снижение роговичной чувствительности, что делает ее оценку критически важным диагностическим критерием. В клинической практике используются различные методы эстеziометрии: классический контактный эстеziометр Коше — Бонне с нейлоновой нитью (где длина нити менее 5 мм свидетельствует о выраженной гипестезии), современный бесконтактный газовый эстеziометр Бельмонте, оценивающий все виды чувствительности (механическую, химическую, термическую) без риска травматизации роговицы [16, 17], и усовершенствованный эстеziометр Брилла с регулируемыми воздушными импульсами и встроенной камерой для точного позиционирования, позволяющий выявлять минимальные изменения чувствительности [18]. Альтернативным методом является волосковый способ А.Я. Самойлова (1951 г.), не требующий специального оборудования и основанный на последовательном касании роговицы в 13 точках с варьируемой силой давления [19].

Для комплексной оценки состояния глазной поверхности применяются диагностические красители: флуоресцеин (выявляет эпителиальные дефекты и определяет время разрыва слезной пленки, в норме составляющее ≥ 10 с), бенгальский розовый и лиссаминовый зеленый. Дополнительным важным тестом является проба Ширмера, оценивающая базовую и рефлекторную слезопродукцию. Эти методы позволяют не только диагностировать степень поражения роговицы при НК, но и выявлять сопутствующий ССГ, играя важную роль в мониторинге эффективности проводимого лечения [20]. Таким образом, современная диагностика НК требует комплексного подхода, сочетающего инструментальную оценку роговичной чувствительности с витальным окрашиванием и функциональными тестами состояния глазной поверхности.

Лечение НК

Длительное применение глазных препаратов для лечения хронических заболеваний может стать причиной развития НК, при этом токсическое действие лекарств зависит от их концентрации, частоты и продолжительности использования, а также наличия консервантов, особенно бензалкония хлорида, чья повреждающая роль хорошо документирована в исследованиях, особенно у пациентов с уже существующими заболеваниями глазной поверхности или получающих комбинированную терапию несколькими препаратами. H.S. Dua et al. [21] описали характерные изменения конъюнктивы при лекарственной токсичности, которые можно выявить при простом осмотре: при оттягивании нижнего века и взгляде пациента вверх обнаруживается выраженная изолированная гиперемия нижней пальпебральной и бульбарной конъюнктивы, тогда как аналогичный осмотр верхнего века при взгляде вниз позволяет сравнить состояние разных отделов конъюнктивы. Особую опасность представляют топические нестероидные противовоспалительные препараты, которые, вмешиваясь в метаболизм арахидоновой кислоты в роговичном эпителии, могут не только оказывать прямое токсическое действие,

но и парадоксально усиливать воспаление у пациентов с НК [22]. Не менее важны потенциально токсические эффекты противоугловых препаратов (β -адреноблокаторов, аналогов простагландинов, α -адреномиметиков и ингибиторов карбоангидразы), которые даже в терапевтических концентрациях способны снижать жизнеспособность клеток эпителия роговицы, причем риск значительно возрастает при длительном применении и комбинации нескольких препаратов [23]. В связи с этим рекомендуется по возможности отменять препараты, содержащие консерванты. Важнейшим компонентом лечения НК являются слезозаместительные препараты, которые необходимо применять регулярно по назначенной схеме; эти средства увлажняют и защищают поверхность роговицы, способствуют ее регенерации, растворяют медиаторы воспаления и нормализуют осмотическое давление слезной пленки, при этом предпочтение следует отдавать препаратам без консервантов [23].

В лечении НК применяются различные методы, направленные на защиту роговицы и стимуляцию ее регенерации. Мягкие контактные линзы играют важную роль в терапии, обеспечивая механическую защиту поврежденной роговицы, предотвращая развитие язв и перфораций, способствуя сохранению целостности эпителия и улучшая гидратацию, не оказывая негативного влияния на зрительные функции [24, 25]. Альтернативным методом является точечная окклюзия (обтурация слезных точек), которая, блокируя отток слезной жидкости, способствует сохранению слезной пленки; хотя этот метод и не считается стандартным для лечения НК, он представляет собой менее инвазивную альтернативу по сравнению с тарзорафией [26].

Наиболее современным и эффективным методом лечения НК в настоящее время является терапия рекомбинантным фактором роста нервов человека (recombinant human nerve growth factor, rhNGF). Лекарственное средство ценогермин 0,002%, представляющий собой rhNGF для местного применения, был одобрен в США для лечения НК 2-й и 3-й стадий и продемонстрировал способность восстанавливать целостность и иннервацию роговицы [27]. Безопасность и эффективность rhNGF были подтверждены в клинических исследованиях, включая фазы II и III, причем некоторые наблюдения свидетельствуют о его положительном действии даже на 1-й стадии заболевания. L. Yavuz Saricay et al. [27] показали, что местное применение rhNGF при НК 1-й стадии приводит к значительному увеличению плотности нервов роговицы и улучшению максимальной корригированной остроты зрения (МКОЗ).

Крупное исследование REPARO продемонстрировало, что после 4–8-недельного курса лечения rhNGF у значительной части пациентов наблюдается полное заживление роговицы. Помимо эпителизации, терапия rhNGF способствует восстановлению гомеостаза поверхности глаза, включая стабилизацию эпителия роговицы, повышение ее чувствительности и существенное улучшение МКОЗ. Эти данные подтверждают, что rhNGF представляет собой прорыв в лечении НК, не только обеспечивая симптоматическое улучшение, но и воздействуя на патогенетические механизмы заболевания [28, 29].

В научной литературе упоминается применение глазных капель на основе человеческой крови и плазмы для лечения заболеваний глазной поверхности. Эти капли могут быть изготовлены из аутологичных источников (собственная кровь пациента), включая аутологичную сыворотку и плазму, бо-

гатую тромбоцитами, плазму, богатую факторами роста, лизат тромбоцитов, или из гомологичных источников (донорская кровь), таких как аллогенная сыворотка и сыворотка пуповинной крови [30, 31]. Они содержат биохимические компоненты, такие как эпидермальный фактор роста, фактор роста фибробластов, трансформирующий фактор роста β , NGF, PDGF и инсулиноподобный фактор роста, которые способствуют регенерации тканей роговицы. Однако широкому применению мешают риски микробного загрязнения, отсутствие стандартизированных протоколов, короткий срок годности и неудобства для пациентов, связанные с подготовкой образцов [32].

В последние годы активно исследуется потенциал инсулина в лечении эрозий и язв роговицы. Как представитель инсулиноподобных факторов роста, инсулин стимулирует миграцию эпителиальных клеток и ускоряет заживление роговицы. Экспериментальные данные на крысах с сахарным диабетом подтвердили, что местное применение инсулина значительно сокращает сроки эпителизации [33]. Клинические наблюдения также демонстрируют эффективность инсулина при нейротрофических язвах — в ряде случаев полное заживление достигалось уже через несколько недель терапии. Интересно, что рандомизированные исследования выявили парадоксальную закономерность: низкие концентрации инсулина (1 ЕД/мл) при 4-кратном ежедневном применении показали лучшие результаты в лечении хронических язв по сравнению с высокими дозами [34].

Еще одним многообещающим направлением является применение ницерголина — полусинтетического производного эрголина, традиционно используемого в неврологии для лечения когнитивных нарушений. Этот препарат обладает комплексным механизмом действия: блокирует α_1 -адренорецепторы, ингибирует ацетилхолинэстеразу, активирует дофаминергические рецепторы и важнейший фосфоинозитид-3-киназа/протеинкиназа (PI3K/AKT) сигнальный путь, что в совокупности приводит к повышению уровня ключевых НТФ — субстанции Р и NGF [35]. Эксперименты на животных моделях показали, что пероральный прием ницерголина достоверно увеличивает концентрацию NGF в слезной жидкости и тканях слезных желез, существенно ускоряя процессы регенерации роговицы. В клинической практике пероральный прием ницерголина в дозе 30 мг/сут (минимальный курс — 2 нед.) доказал свою эффективность в комплексном лечении НК, потенцируя действие местной терапии [36, 37]. В настоящее время в лечении НК применяются инновационные регенерирующие агенты — сложные полимеры на основе глюкозы, которые имитируют компоненты внеклеточного матрикса, создавая каркас для адгезии клеток и обеспечивая протеолитическую защиту. Первым таким препаратом для офтальмологии стал раствор поликарбоксиметилглюкозы сульфата, эффективность которого подтверждена клиническими исследованиями [39]. Важную роль играют также ингибиторы матриксных металлопротеиназ, включая ацетилцистеин (эффективный при нитевидном кератите и язвах роговицы), 10% глазные капли аскорбиновой кислоты (предотвращающие образование язв при химических ожогах) и антибиотики тетрациклинового ряда (доксциклин, миноциклин), обладающие антипротеазной активностью [40, 41]. Новые терапевтические подходы открывают перспективы для патогенетического лечения НК, воздействуя на ключевые звенья заболевания — стимулируя нейрорегенерацию и восстанавливая

трофику роговицы. Дальнейшие исследования позволят оптимизировать схемы применения, расширяя арсенал средств для борьбы с НК.

На поздних стадиях НК для борьбы с осложнениями, такими как язва роговицы и перфорация, применяются хирургические методы. Тарзорафия — это проверенный временем метод, заключающийся в наложении пластыря или швов на веки для защиты роговицы от внешних воздействий. Шовная тарзорафия может быть временной или постоянной, а также частичной или полной [42].

В офтальмологии активно применяют амниотическую мембрану — уникальный биоматериал, получаемый из плаценты. Она содержит факторы роста, коллагены, противовоспалительные компоненты. Это делает ее отличным средством для лечения язв роговицы, в том числе нейротрофических. Впервые ее успешно применили в 1997 г., а позже исследователи доказали ее эффективность при упорных нейротрофических язвах [43]. Однако мембрана постепенно рассасывается, поэтому часто требуется повторное наложение.

В 1958 г. T. Gundersen [44] популяризировал использование тонкого тотального конъюнктивального лоскута для закрытия роговичных дефектов у пациентов с язвой роговицы. Конъюнктивальный лоскут предотвращает лизис стромы и перфорацию роговицы. Лоскут также способствует васкуляризации, обеспечивая приток крови и питательных веществ. Однако, несмотря на эффективность в заживлении язв, конъюнктивальный лоскут часто приводит к значительному снижению зрения, что ограничивает его применение [45].

У пациентов с НК возможно проведение пересадки роговицы, включая сквозную кератопластику, послойную кератопластику и глубокую переднюю послойную кератопластику. Они часто выполняются в качестве последнего средства для поддержания целостности роговицы, когда язва не заживает на фоне лечения или происходит перфорация роговицы. Использование роговичных трансплантатов для восстановления прозрачности роговицы сопряжено с существенными рисками: реакция «трансплантат против хозяина» часто приводит к изъязвлению и расплавлению пересаженной ткани. С учетом высокой вероятности прогрессирования НК и невозможности стабилизировать состояние глазной поверхности данный метод не может быть рекомендован [13].

Невротизация роговицы — сложная хирургическая методика, направленная на восстановление чувствительности и целостности роговичной ткани. Впервые представленная в 2009 г., процедура включает идентификацию подходящего донорского нерва (обычно икроножного нерва) и его имплантацию к глазному нерву. Успех невротизации зависит от тяжести и продолжительности денервации роговицы, степени ее истончения и наличия сопутствующих глазных заболеваний. Данная техника может быть эффективной, когда консервативное лечение не дает удовлетворительных результатов, а ожидаемая польза превышает потенциальные риски [46, 47].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нейротрофическая кератопатия является сложным с точки зрения диагностики и лечения заболеванием роговицы. Затруднение вызывает постановка диагноза на ранних этапах развития НК в связи с низкой

осведомленностью врачей о необходимости оценивать чувствительность роговицы у пациентов с нарушением целостности эпителия и/или предрасполагающими факторами в анамнезе, такими как герпетические кератиты, сахарный диабет, операции на роговице или нейрохирургические вмешательства в области тройничного нерва. Раннее выявление нейротрофического процесса в роговице позволяет профилактировать снижение зрения и инвалидизации пациента путем контроля и стабилизации прогрессирования заболевания. В настоящее время существует множество различных методик, о которых упоминалось ранее, в том числе большой интерес вызывают хирургические методы лечения, основанные на реиннервации роговицы, и терапия с применением рекомбинантной формы человеческого фактора роста нервов.

Литература / References

- Magendie P.A. De l'influence De la cinquième paire De nerfs sur nutrition et les fonctions De l'œil. *J Physiol (Paris)*. 1824;4:176–177.
- Zander E., Weddell G. Reaction of corneal nerve fibres to injury. *Br J Ophthalmol*. 1951;35(2):61–88.
- Dua H.S., Said D.G., Messmer E.M. et al. Neurotrophic keratopathy. *Prog Retin Eye Res*. 2018;66:107–131. DOI: 10.1016/j.preteyeres.2018.04.003
- Al-Aqaba M.A., Fares U., Suleman H. et al. Architecture and distribution of human corneal nerves. *Br J Ophthalmol*. 2010;94(6):784–789. DOI: 10.1136/bjo.2009.173799
- He J., Bazan N.G., Bazan H.E. Mapping the entire human corneal nerve architecture. *Exp Eye Res*. 2010;91(4):513–523. DOI: 10.1016/j.exer.2010.07.007
- Schimmelpfennig B. Nerve structures in human central corneal epithelium. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 1982;218:14–20. DOI: 10.1007/BF02134093
- Аветисов С.Э., Новиков И.А., Махотин С.С., Сурнина З.В. Вычисление коэффициентов анизотропии и симметричности направленности нервов роговицы на основе автоматизированного распознавания цифровых конфокальных изображений. *Медицинская техника*. 2015;49(3):155–159.
- Аветисов С.Э., Новиков И.А., Махотин С.С., Сурнина З.В. Calculation of anisotropy and symmetry coefficients of corneal nerve orientation based on automated recognition of digital confocal images. *Biomedical Engineering*. 2015;49(3):155–159 (in Russ.).
- Sloniecka M., Danielson P. Substance P induces fibrotic changes through activation of the RhoA/ROCK pathway in an in vitro human corneal fibrosis model. *J Mol Med*. 2019;97:1477–1489. DOI: 10.1007/s00109-019-01827-4
- Kopel J., Keshvani C., Mitchell K., Reid T. The Activity of Substance P (SP) on the Corneal Epithelium. *J Clin Transl Ophthalmol*. 2023;1(2):35–51. DOI: 10.3390/jcto1020006
- Yam G.F., Williams G., Setiawan M. et al. Nerve regeneration by human corneal stromal keratocytes and stromal fibroblasts. *Sci Rep*. 2017;7:45396. DOI: 10.1038/srep45396
- Saad S., Abdelmassih Y., Saad R. et al. Neurotrophic keratitis: Frequency, etiologies, clinical management and outcomes. *Ocul Surf*. 2020;18(2):231–236. DOI: 10.1016/j.jtos.2019.11.008
- Liu S.H., Saldanha I.J., Abraham A.G. et al. Topical corticosteroids for dry eye. *Cochrane Database Syst Rev*. 2022;10(10):CD015070. DOI: 10.1002/14651858.CD015070
- Sacchetti M., Lambiase A. Diagnosis and management of neurotrophic keratitis. *Clin Ophthalmol*. 2014;8:571–579. DOI: 10.2147/OPTH.S45921
- Mackie I.A. Neuropathic keratitis. In: Fraunfelder F., Roy F.H., Meyer S.M., editors. *Current Ocular Therapy*. Philadelphia, PA, USA: WB Saunders; 1995.
- Neurotrophic Keratopathy Study Group. Neurotrophic keratopathy: An updated understanding. *Ocul Surf*. 2023;30:129–138. DOI: 10.1016/j.jtos.2023.09.001
- Murphy P.J., Lawrenson J.G., Patel S., Marshall J. Reliability of the non-contact corneal aesthesiometer and its comparison with the Cochet-Bonnet aesthesiometer. *Ophthalmic Physiol Opt*. 1998;18(6):532–539. DOI: 10.1016/S0275-5408(98)00021-0
- Tesón M., Calonge M., Fernández I. et al. Characterization by Belmontes Gas Esthesiometer of Mechanical, Chemical, and Thermal Corneal Sensitivity Thresholds. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2012;53(6):3154–3160. DOI: 10.1167/iov.11-9304
- Merayo-Llows J., Lozano-Sanroma J., Barros A. et al. Corneal sensitivity with noncontact air jet esthesiometry. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2022;63(7):1201–A0201. DOI: 10.1111/j.1755-3768.2022.15594
- Аветисов С.Э., Черненко Н.А., Сурнина З.В. Анатомо-функциональные особенности и методы исследования нервных волокон роговицы. *Вестник офтальмологии*. 2018;134(6):102–106. DOI: 10.17116/oftalma2018134061102
- Аветисов С.Э., Черненко Н.А., Сурнина З.В. Anatomical and functional features and research methods of corneal nerve fibers. *Vestnik Oftalmologii*. 2018;134(6):102–106 (in Russ.). DOI: 10.17116/oftalma2018134061102
- Hamrah P., Cruzat A., Dastjerdi M.H. et al. Corneal sensation and subbasal nerve alterations. *Ophthalmology*. 2010;117(10):1930–1936. DOI: 10.1016/j.ophtha.2010.07.010
- Dua H.S., Otri A.M., Said D.G., Faraj L.A. The "up-down" sign of acute ocular surface drug toxicity. *Br J Ophthalmol*. 2012;96(11):1439–1440. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2012-301978

22. Robciuc A., Witos J., Ruokonen S.K. et al. Pure Glaucoma Drugs Are Toxic to Immortalized Human Corneal Epithelial Cells, but They Do Not Destabilize Lipid Membranes. *Cornea*. 2017;36(10):1249–1255. DOI: 10.1097/ICO.0000000000001322
23. Shen W., Huang B., Yang J. Ocular Surface Changes in Prostaglandin Analogue Treated Patients. *J Ophthalmol*. 2019;2019:9798272. DOI: 10.1155/2019/9798272
24. Grey F., Carley F., Biswas S., Tromans C. Scleral contact lens management of bilateral exposure and neurotrophic keratopathy. *Cont Lens Anterior Eye*. 2012;35(6):288–291. DOI: 10.1016/j.clae.2012.07.009
25. Trinh T., Santaella G., Mimouni M. et al. Assessment of response to multimodal management of neurotrophic corneal disease. *Ocul Surf*. 2021;19:330–335. DOI: 10.1016/j.jtos.2020.11.003
26. Vera-Duarte G.R., Jimenez-Collado D., Kahum-López N. et al. Neurotrophic keratopathy: General features and new therapies. *Surv Ophthalmol*. 2024;69(5):789–804. DOI: 10.1016/j.survophthal.2024.04.004
27. Yavuz Saricay L., Bayraktutar B.N., Lilley J. et al. Efficacy of Recombinant Human Nerve Growth Factor in Stage 1 Neurotrophic Keratopathy. *Ophthalmology*. 2022;129(12):1448–1450. DOI: 10.1016/j.opthta.2022.08.014
28. Bruscolini A., Marengo M., Albanese G.M. et al. Long-term clinical efficacy of recombinant human nerve growth factor. *Orphanet J Rare Dis*. 2022;17:57. DOI: 10.1186/s13023-022-02203-0
29. Bonini S., Lambiasi A., Rama P. et al. Phase I Trial of Recombinant Human Nerve Growth Factor. *Ophthalmology*. 2018;125(9):1468–1477. DOI: 10.1016/j.opthta.2018.04.028
30. Giannaccare G., Versura P., Buzzi M. et al. Blood derived eye drops for the treatment of ocular diseases. *Transfus Apher Sci*. 2017;56(4):595–604. DOI: 10.1016/j.transci.2017.07.023
31. Yoon K.C., You I.C., Im S.K. et al. Application of umbilical cord serum eyedrops. *Ophthalmology*. 2007;114(9):1637–1642. DOI: 10.1016/j.opthta.2006.12.014
32. Jeng B.H. Use of Autologous Serum in the Treatment of Ocular Surface Disorders. *Arch Ophthalmol*. 2011;129(12):1610–1612. DOI: 10.1001/archophth.2011.336
33. Liu H., Wang J., Deng Y. et al. Effects of topical insulin on wound healing. *Endocr J*. 2021;68(8):969–979. DOI: 10.1507/endocrj.EJ20-0575
34. Fai S., Ahem A., Mustapha M. et al. Randomized controlled trial of topical insulin for healing corneal epithelial defects induced during vitreoretinal surgery in diabetics. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*. 2017;6(5):418–424. DOI: 10.22608/APO.201780
35. Saletu B., Garg A., Shueb A. Safety of nicergoline as an agent for management of cognitive function disorders. *Biomed Res Int*. 2014;2014:610103. DOI: 10.1155/2014/610103
36. Lee Y.C., Kim S.Y. Treatment of neurotrophic keratopathy with nicergoline. *Cornea*. 2015;34(3):303–307. DOI: 10.1097/ICO.0000000000000348
37. Portela A.L.B.M., Moreno R.N., Ribeiro M.H.M.L. et al. Role of nicergoline in corneal wound healing in diabetic rats; *BMC Ophthalmol*. 2021;21(1):77. DOI: 10.1186/s12886-021-01835-4
38. Arvola R.P.J., Robciuc A., Holopainen J.M. Matrix Regeneration Therapy: A Case Series of Corneal Neurotrophic Ulcers. *Cornea*. 2016;35(4):451–455. DOI: 10.1097/ICO.0000000000000759
39. Aifa A., Gueudry J., Portmann A. et al. Topical treatment with a new matrix therapy agent (RGTA). *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2012;53(13):8181–8185. DOI: 10.1167/iops.12-10476
40. Hossain P. The corneal melting point. *Eye (Lond)*. 2012;26(8):1029–1030. DOI: 10.1038/eye.2012.136
41. Ramaesh T., Ramaesh K., Riley S.C. et al. Effects of N-acetylcysteine on matrix metalloproteinase-9 secretion and cell migration of human corneal epithelial cells. *Eye (Lond)*. 2012;26(8):1138–1144. DOI: 10.1038/eye.2012.135
42. Tuli S.S., Schultz G.S., Downer D.M. Science and strategy for managing corneal ulceration. *Ocul Surf*. 2007;5(1):23–39. DOI: 10.1016/s1542-0124(12)70050-2
43. Chen H., Pires R., Tseng S. Amniotic membrane transplantation for severe corneal ulcers. *Br J Ophthalmol*. 2000;84(8):826–833. DOI: 10.1136/bjo.84.8.826
44. Gundersen T. Conjunctival flaps in the treatment of corneal disease. *Arch Ophthalmol*. 1958;60(5):880–888. DOI: 10.1001/archophth.1958.00940080900008
45. Lugo M., Arentsen J.J. Treatment of neurotrophic ulcers with conjunctival flaps. *Am J Ophthalmol*. 1987;103(5):711–712. DOI: 10.1016/s0002-9394(14)74337-5
46. Fogagnolo P., Giannaccare G., Bolognesi F. et al. Direct Versus Indirect Corneal Neurotization for the Treatment of Neurotrophic Keratopathy: A Multicenter Prospective Comparative Study. *Am J Ophthalmol*. 2020;220:203–214. DOI: 10.1016/j.ajo.2020.07.003
47. Sing Huat L., Abdullah S., Soh E.Z.F. et al. The Outcome of Neurotization of Brachial Plexus Injury in a Tertiary Centre: A Nine-Year Review. *Cureus*. 2022;14(3):e23394. DOI: 10.7759/cureus.23394

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Суров Александр Владимирович — к.м.н., доцент, заведующий кафедрой офтальмологии ФГБОУ ВО ОмГМУ Минздрава России; 644099, Россия, г. Омск, ул. Ленина, д. 12; заведующий микрохирургическим отделением № 2 БУЗОО «КОБ им. В.П. Выходцева»; 644024 Россия, г. Омск, ул. Лермонтова, д. 60; ORCID iD 0000-0001-9185-1529

Лебедев Олег Иванович — д.м.н., профессор кафедры офтальмологии ФГБОУ ВО ОмГМУ Минздрава России; 644099, Россия, г. Омск, ул. Ленина, д. 12; ORCID iD 0000-0001-6678-2947

Болгова Дарья Евгеньевна — врач-офтальмолог УЗ «Центр медицинской профилактики и коррекции аномалий зрения»; 644024, Россия, г. Омск, ул. Лермонтова, д. 20; ORCID iD 0009-0005-8121-0062

Контактная информация: Суров Александр Владимирович, e-mail: abc55.79@mail.ru

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 25.08.2025.

Поступила после рецензирования 15.09.2025.

Принята в печать 09.10.2025.

ABOUT THE AUTHORS:

Aleksandr V. Surov — C. Sc. (Med.), Associate Professor, Head of the Department of Ophthalmology, Omsk State Medical University; 12, Lenin str., Omsk, 644099, Russian Federation; Head of Microsurgical Department No. 2, V.P. Vykhotsev Clinical Ophthalmological Hospital; 60, Lermontov str., Omsk, 644024, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-9185-1529

Oleg I. Lebedev — Dr. Sc. (Med.), Professor of the Department of Ophthalmology, Omsk State Medical University; 12, Lenin str., Omsk, 644099, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-6678-2947

Darya E. Bolgova — ophthalmologist, Center for Medical Prevention and Correction of Vision Anomalies; 20, Lermontov str., Omsk, 644024, Russian Federation; ORCID iD 0009-0005-8121-0062

Contact information: Aleksandr V. Surov, e-mail: abc55.79@mail.ru

Financial Disclosure: no authors have a financial or property interest in any material or method mentioned.

There is no conflict of interest.

Received 25.08.2025.

Revised 15.09.2025.

Accepted 09.10.2025.

DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-11

Настоящее и будущее лазерной рефракционной хирургии роговицы (аналитический обзор современных технологий)

И.М. Корниловский

ФГБУ «НМХЦ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Арсенал лазерных рефракционных операций на роговице расширяется с каждым годом и предусматривает различные технологии поверхностной (ФРК, Транс-ФРК), ламеллярной лоскутной (LASIK, Femto LASIK) и интрастромальной лентикулярной хирургии (SMILE, SmartSight, Clear, LENTEX, SILK). Цель аналитического обзора — рассмотреть современные технологии лазерной рефракционной хирургии роговицы, новые подходы к их оптимизации и перспективные направления будущего развития. Анализ показал, что при всех видах лазерных рефракционных операций независимо от сроков после их проведения имело место истончение роговицы, ослабление ее фотопротекторных и прочностных свойств, увеличивался риск развития фиброплазии и кератэктазии. Насыщение стромы 0,25% раствором рибофлавина перед фотоабляцией роговицы защищало кератоциты, нервы и истонченную строму от индуцированного абляцией вторичного ультрафиолетового излучения. При этом инициировался затухающий эффект кросслинкинга с формированием мембранной структуры на абляционной поверхности, что ослабляло послеоперационные асептическую воспалительную и регенераторную реакции, уменьшало риски развития фиброплазии и регресса рефракционного эффекта, повышало прочностные и фотопротекторные свойства истонченной роговицы. Применение плотностей энергии эксимерного лазера на аргон-фторе ниже порога абляции позволило сформировать Боуменоподобную мембранную структуру и реализовать лечебный кросслинкинг роговицы. Лазерная рефракционная хирургия роговицы с эффектами фотопротекции и кросслинкинга открыла новые возможности коррекции аметропии с учетом многообразия клинических форм рефракционной патологии. Будущее лазерной рефракционной хирургии роговицы — за лазер-индуцированным рефракционным кератомоделированием без истончения стромы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: лазеры, рефракционная хирургия, роговица, фотопротекция, кросслинкинг, рефракционное кератомоделирование без удаления стромы.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Корниловский И.М. Настоящее и будущее лазерной рефракционной хирургии роговицы (аналитический обзор современных технологий). Клиническая офтальмология. 2026;26(3):268–275. DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-11

The present and future of laser refractive corneal surgery (an analytical review of current technologies)

I.M. Kornilovskiy

Pirogov National Medical and Surgical Center, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

The range of laser corneal refractive surgeries continues to expand, encompassing surface ablation techniques (PRK, TransPRK), lamellar flap (LASIK, Femto LASIK), and intrastromal lenticule extraction techniques (SMILE, SmartSight, CLEAR, LENTEX, and SILK). The aim of this analytical review is to review current technologies in laser corneal refractive surgery, novel approaches to their optimization, and promising directions for future development. The analysis showed that all types of laser refractive surgery, irrespective of the postoperative follow-up period, are associated with corneal thinning, reduced biomechanical strength and photoprotective properties, and an increased risk of fibroplasia and keratectasia. Saturation of the corneal stroma with a 0.25% riboflavin solution before corneal photoablation protected keratocytes, corneal nerves, and the thinned stroma from ablation-induced secondary ultraviolet radiation. In addition, it initiated a self-limiting corneal cross-linking effect with the formation of a membrane-like structure on the ablated stromal surface. This attenuated postoperative sterile inflammatory and regenerative responses, reduced the risks of fibroplasia and regression of the refractive effect, and enhanced the biomechanical strength and photoprotective properties of the thinned cornea. The use of argon-fluoride excimer laser energy densities below the ablation threshold enabled the formation of a Bowman-like membrane structure and induced therapeutic corneal crosslinking. Laser corneal refractive surgery incorporating photoprotective and crosslinking effects has created new opportunities for the correction of ametropia across a broad spectrum of refractive disorders. The future of laser corneal refractive surgery lies in laser-induced refractive keratomodeling without stromal thinning.

KEYWORDS: lasers, refractive surgery, cornea, photoprotection, crosslinking, refractive keratomodeling without stroma removal.

FOR CITATION: Kornilovskiy I.M. The present and future of laser refractive corneal surgery (an analytical review of current technologies). Russian Journal of Clinical Ophthalmology. 2026;26(3):268–275 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-11

ВВЕДЕНИЕ

Рефракционная хирургия роговицы прошла путь от довольно травматичных механических методов до высокоточных лазерных технологий, которые сегодня позволя-

ют многим людям избавиться от очков и контактных линз. В наше время трудно себе представить рефракционную хирургию роговицы без применения лазерных технологий. Арсенал лазерных рефракционных операций на ро-

говице включает различные технологии поверхностной кератэктомии (ФПК, Транс-ФПК), ламеллярной лоскутной (LASIK, Femto LASIK) и интрастромальной лентикулярной хирургии (SMILE, SmartSight, Clear, LENTEX, SILK). Каждая из вышеперечисленных технологий имела преимущества и недостатки. Тем не менее все современные лазерные рефракционные операции на роговице предусматривали персонализированный подход к коррекции аметропии с учетом многообразия клинических форм рефракционной патологии [1–5]. В зависимости от технологии проведения той или иной лазерной рефракционной операции и опыта оперирующего хирурга отмечалась различная частота интраоперационных и послеоперационных осложнений. Тем не менее ни одна из вышеперечисленных технологий лазерных рефракционных операций на роговице не гарантировала стойкость достигнутого рефракционного эффекта в отдаленные сроки наблюдений. Прежде всего это касалось послеоперационного регресса целевой рефракции из-за ответной асептической воспалительной и регенераторной реакций. Величина регресса рефракционного эффекта носила строго индивидуальный характер и нарастала с увеличением объема удаляемой стромы. Более того, при коррекции высоких степеней аметропий происходило большее истончение роговицы и увеличивался риск развития индуцированной кератэктазии. Данное осложнение чаще отмечалось при ламеллярных рефракционных операциях с формированием поверхностного роговичного лоскута посредством микротомы или излучением фемтосекундного лазера. При всех технологиях лазерных рефракционных операций отмечалось истончение роговицы, нарушение ее прочностных и фотопротекторных свойств.

Цель аналитического обзора — рассмотреть современные технологии лазерной рефракционной хирургии роговицы, новые подходы к их оптимизации и перспективные направления будущего развития.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В основу работы положен аналитический анализ данных литературы и собственные 35-летние клинические наблюдения за результатами различных лазерных рефракционных операций на роговице. Особый акцент был сделан на работы, в которых сочетались фоторефракционные операции с кросслинkinгом роговицы, где рассматривались новые подходы к лазерной рефракционной хирургии роговицы на основе фотопротекции, эксимерлазерного кросслинkinга и лазер-индуцированного рефракционного кератомоделирования без абляции стромы или удаления стромальной лентикулы. Для аналитического обзора были отобраны работы по различным технологиям лазерных рефракционных операций на роговице с использованием поисковых систем КиберЛенинка, PubMed, Google Scholar, Cochrane Library, Prisma, опубликованных до 2025 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Аналитический анализ современных технологий лазерной рефракционной хирургии роговицы показал, что выбор конкретной технологии всегда индивидуален. Хирург учитывает анатомию топографические особенности всех преломляющих структур глаза, степень нарушения рефракции, наличие сопутствующих заболеваний и даже образ жизни

пациента. Поэтому перед любой новой методикой обязательно проводили детальную оптометрическую и клиническую диагностику.

СОВРЕМЕННЫЕ ОФТАЛЬМОЛОГИЧЕСКИЕ ЛАЗЕРЫ ДЛЯ РЕФРАКЦИОННОЙ ХИРУРГИИ РОГОВИЦЫ

Современные офтальмологические лазеры для рефракционной хирургии роговицы сделали коррекцию различных видов аметропий более предсказуемой, безопасной и персонализированной. Сегодня пальму первенства в лазерной фоторефракционной хирургии роговицы занимает импульсный газоразрядный эксимерный лазер на аргон-фторе с длиной волны 193 нм. Тем не менее заслуживает внимания использование для рефракционной хирургии пятой гармоники твердотельных наносекундных лазеров на кристаллах Nd:YAG или Nd:YLF с длинами волн 213, 209 или 211 нм. Важным преимуществом таких длин волн являются более низкие коэффициенты поглощения водой и физиологическим раствором с максимальной абсорбцией роговичным коллагеном. Это позволяет при наличии на поверхности роговицы влаги или ее естественного увлажнения повысить точность абляции. При этом снижается энергетическая и термическая нагрузка на роговицу, обеспечиваются более физиологические условия фотоабляции стромы с формированием гладкой абляционной поверхности. Кроме того, абляционные твердотельные офтальмологические лазеры стали безопаснее и проще в обслуживании.

В последние годы значительно расширился диапазон применения фемтосекундных лазеров в лазерной рефракционной хирургии роговицы. Достоинством таких лазеров является возможность с высокой точностью сформировать рефракционную лентикулу в строме роговицы.

Еще одним преимуществом современных технологий лазерной рефракционной хирургии стало внедрение в офтальмологических лазерных установках интеллектуального управления с системами автоматического отслеживания положения глаза, компенсация циклоторсии глазного яблока при смене положения тела и центрирования относительно зрительной оси при сканировании лазерным лучом.

В настоящее время все лазеры для рефракционной хирургии роговицы имеют большую частоту следования импульсов, что позволяет сократить время фотоабляции, плазмоопосредованной фотодеструкции и уменьшить эффективную плотность энергии в импульсе. Необходимо также отметить, что во всех лазерных офтальмологических установках для рефракционной хирургии роговицы используются программы для выполнения персонализированной абляции и формирования лентикулы по данным компьютерной кератотопографии и aberromетрии с акцентом на стромосберегающие технологии.

НЕРЕШЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЛАЗЕРНОЙ РЕФРАКЦИОННОЙ ХИРУРГИИ РОГОВИЦЫ

Независимо от выбранной технологии лазерной рефракционной операции во всех случаях эффект рефракционного моделирования достигался истончением стромы роговицы, что ослабляло ее биомеханические свойства. Такие нарушения были наиболее значимы при операциях LASIK и Femto LASIK. Несмотря на то, что частота индуцированной кератэктазии после таких операций оказалась незначительной, из вида упускался тот факт, что не

происходило истинного приживления поверхностного лоскута роговицы и ослаблялся тонус его коллагеновых структур. При этом подлежащие более слабые глубокие слои стромы испытывали повышенные механические нагрузки. Это создавало ситуацию для микросмещений поверхностного лоскута при конвергенции. Все это сказывалось на направленном транспорте внутриглазной жидкости (ВГЖ) в поверхностном лоскуте и подлежащих слоях истонченной роговицы с участием механочувствительных аквапоринов. Такие нарушения становились одной из причин не только регресса рефракционного эффекта, достигнутого в ходе операции, но и развития индуцированной кератэктазии. Это осложнение, при котором роговица патологически выпячивается, что может приводить к серьезному ухудшению зрения. Даже при точном расчете остаточной толщины роговицы существовал риск, что биомеханическая стабильность ткани будет нарушена. Вот почему современные подходы в лазерной рефракционной хирургии роговицы сместились в сторону таких операций, как экстракция лентикулы (SMILE, SmartSight, Clear, LENTEX, SILK), и трансэпителиальных вмешательств (Trans-PRK, Smart SurFACE) вместо формирования поверхностного роговичного лоскута. Однако, несмотря на несомненные преимущества таких операций, их следствием является истончение стромы роговицы, ослабляющее ее прочностные свойства, а также способность защищать внутриглазные структуры от внешнего ультрафиолетового (УФ) излучения. Кроме того, увеличивается вероятность развития индуцированной кератэктазии.

КРОССЛИНКИНГ В ЛАЗЕРНОЙ РЕФРАКЦИОННОЙ ХИРУРГИИ РОГОВИЦЫ

Для профилактики индуцированных кератэктазий и компенсации ослабления прочностных свойств истонченной роговицы было предложено сочетание рефракционных операций с традиционными и ускоренными технологиями кросслинкинга роговицы. Так, в зарубежных публикациях к уже известным названиям этих операций идет добавление — "Xtra": PRK Xtra, Trans-PRK Xtra, LASIK Xtra, Femto LASIK Xtra, SMILE Xtra. Однако с таким подходом трудно согласиться, поскольку здоровая роговица принципиально отличается от таковой при кератоконусе. Более того, нецелесообразно применение тех же доз УФ-облучения, которые были предложены для остановки прогрессирования кератоконуса и вторичных индуцированных кератэктазий различной этиологии. Невольно возникает вопрос о целесообразности повышения прочностных биомеханических свойств истонченной роговицы на 100–300% в сравнении с показателями здоровой роговицы. Более того, сама по себе процедура проведения кросслинкинга роговицы сопровождается выраженным оксидативным стрессом и гибелью кератоцитов. Фактически создаются условия суммирования оксидативного стресса в строме истонченной роговицы после рефракционной операции и после кросслинкинга. Наконец, при сочетании фоторефракционной операции с кросслинкингом истонченная роговица становится жесткой. При этом неизбежно нарушается ее важная функция по сглаживанию колебаний внутриглазного давления при аккомодационно-конвергентных нагрузках. Последние сегодня рассматриваются как один из важных патогенетических внешних факторов развития и прогрессирования миопии. Не случайно до настоящего времени сочетание рефракционных

операций с кросслинкингом роговицы не получило широкого применения в клинической практике, и целесообразность такого подхода продолжает дискутироваться среди офтальмологов.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ЛАЗЕРНОЙ РЕФРАКЦИОННОЙ ХИРУРГИИ РОГОВИЦЫ НА ОСНОВЕ ФОТОПРОТЕКЦИИ И КРОССЛИНКИНГА

При рефракционном истончении роговицы нарушается ее защитная функция по поглощению внешнего УФ-излучения, что усиливает его поток на хрусталик. Последний являлся второй важной фотопротекторной структурой, благодаря которой только 1–2% ближнего ультрафиолета А (УФ-А) достигало сетчатки. При этом необходимо отметить, что многослойный передний эпителий роговицы поглощал наиболее опасный средний диапазон внешнего УФ-излучения (УФ-В, 280–315 нм), а строма ослабляла поток ближнего (УФ-А, 315–400 нм). Из вышеизложенного становится понятным, почему при истончении роговицы после лазерных рефракционных операций катаракта развивалась в среднем на 10 лет раньше [6–11]. Прежде всего это касалось коррекции высоких степеней аметропий с большим объемом удаляемой стромы. Известно, что высокую фотопротекторную функцию роговицы и хрусталика обеспечивает активный обмен в них ВГЖ, содержание в которой мощного антиоксиданта аскорбиновой кислоты в 25–50 раз превышает таковую в плазме крови. Именно благодаря высокому содержанию аскорбиновой кислоты во ВГЖ происходит нейтрализация перекисных радикалов, накапливающихся в строме роговицы и хрусталике при поглощении внешнего УФ-излучения. Во всех случаях истонченная роговица испытывает большие механические нагрузки, что нарушает работу аквапоринов, гидроколлоидное состояние коллагеновых, протеогликановых и гликопротеиновых структур стромы. Это ослабляет фотопротекторные свойства роговой оболочки. Вышеизложенным можно было объяснить различную степень регресса рефракции в отдаленные сроки. После операций наибольшей биомеханической нагрузке подвергались самые слабые задние слои стромы истонченной роговицы. Это относится к лазерным рефракционным операциям с формированием поверхностного лоскута на ножке, истинного прирастания которого к истонченным задним слоям роговичной стромы не происходит. Не случайно именно после операций LASIK и Femto LASIK была отмечена наибольшая частота индуцированных эктазий, особенно в случаях коррекции высоких степеней аметропий. Во всех случаях после лазерной рефракционной хирургии роговицы сроки наступления и степень регрессии рефракционного эффекта имели широкий диапазон и зависели от многих факторов. Не случайно сегодня многие клиники отдают предпочтение проведению сочетанной лазерно-хирургической рефракционной технологии коррекции аметропий с фемтолазерным формированием лентикулы и ее хирургическим удалением через малый разрез. Именно при такой технологии, по данным проанализированной литературы, в меньшей степени нарушается иннервация и ослабляются прочностные свойства истонченной роговицы. Тем не менее необходимо отметить, что, несмотря на довольно редкое развитие кератэктазии после лентикулярной хирургии, такое осложнение возможно, и оно приводило к индуцированному неправильному астигматизму и ухудшению зрения [12–14].

Возникновение данного осложнения связано с недостаточной толщиной роговицы до операции и большей ее уязвимостью после удаления лентикулы.

Вышеизложенное подтверждает необходимость поиска новых подходов к проведению лазерных рефракционных операций на роговице. Такие подходы должны быть направлены на исключение или минимизацию истончения роговицы, которая приводит к ослаблению ее прочностных биомеханических и фотопротекторных свойств.

При анализе особенностей взаимодействия излучения эксимерного лазера с роговицей при выполнении абляции необходимо отметить, что индуцируемое вторичное излучение имеет широкий спектральный диапазон. Этот диапазон включает излучение среднего спектрального диапазона (УФ-В), которое способно проникать гораздо глубже, чем удаляемый слой стромы. Это оказывает негативное влияние на кератоциты, нервы и коллагеновые, протеогликановые и гликопротеиновые структуры истонченной стромы роговицы. При этом запускается асептическая воспалительная реакция, при которой степень выраженности альтерации и продолжительность экссудации влияют на конечный регенераторный ответ. Клинические наблюдения показали, что вероятность развития различных форм субэпителиальной или интрастромальной фиброплазии не только зависела от послеоперационной воспалительной реакции, но и нарастала с увеличением объема удаляемой стромы.

Для нивелирования негативного влияния, индуцированного абляцией вторичного излучения, было предложено проведение фоторефракционной абляции после насыщения стромы 0,25% изотоническим раствором рибофлавина, охлажденным до +5–7 °С. При этом впервые была применена методика аэрозольного насыщения стромы роговицы рибофлавином с использованием ультразвукового небулайзера с меш-технологией диспергирования раствора. Целесообразность такого подхода была доказана в ходе экспериментально-клинических исследований и защищена патентом на изобретение [15]. Уже в ходе экспериментальных исследований был выявлен фотопротекторный эффект рибофлавина, что уменьшало ответную асептическую воспалительную реакцию и ускоряло эпителизацию.

По данным световой микроскопии образцов роговиц кроликов фотоабляция с насыщением стромы рибофлавином не нарушала плотности кератоцитов. Строма в слоях роговицы, прилежащих к зоне абляции, имела нерегулярный и разнонаправленный ход волокон, что было морфологическим отражением процесса кросслинкинга коллагена под воздействием вторичного лазерного УФ-излучения. Результаты трансмиссионной электронной микроскопии показали наличие изменений ультраструктур стромы роговицы с формированием стабильных поперечных сшивок коллагеновых волокон. Биомеханический эффект лазер-индуцированного кросслинкинга роговицы при ее абляции с рибофлавином сопровождался достоверным увеличением прочности при растяжении и максимальной силы на разрыв в исследуемых образцах роговиц [16–18].

Таким образом, впервые была решена задача фотопротекции роговицы от индуцированного абляцией вторичного излучения и впервые показана его способность активировать рибофлавин, индуцируя затухающий эффект кросслинкинга в слоях истонченной роговицы. Данный кросслинкинг уступал традиционному и ускоренным тех-

нологиям по усилению прочностных свойств роговицы. Однако такой кросслинкинг оказался достаточным, чтобы компенсировать ослабление биомеханических свойств роговицы после фоторефракционной абляции. Профилактический лазер-индуцированный кросслинкинг роговицы имел несомненные преимущества. Фактически после механического удаления эпителия или его персонализированной абляции с учетом толщины по данным оптической когерентной томографии (ОКТ) и насыщения стромы роговицы рибофлавином была решена задача не только защиты от индуцированного абляцией вторичного излучения, но и минимизации или исключения ослабления прочностных свойств роговицы после фоторефракционной абляции. Такой подход позволил предложить принципиально новое направление в проведении поверхностной фоторефракционной абляции с эффектами фотопротекции и кросслинкинга. Это позволило отказаться от применения традиционного или ускоренных технологий кросслинкинга роговицы, исключить применение митомицина для профилактики фиброплазии, регресса эффекта и индуцированной кератэктазии после фоторефракционных операций. Разработанная методика проведения фоторефракционной абляции с рибофлавином позволила впервые обосновать профилактический кросслинкинг. Необходимо отметить, что кросслинкинг носил затухающий эффект и на абляционной поверхности формировалась Боуменоподобная мембранная структура. Наличие такой мембранной структуры было подтверждено при ОКТ роговицы (ее толщина равнялась или превышала 5 мкм, что соответствовало разрешающей способности оптического томографа). Необходимо отметить, что при фотоабляции роговицы без рибофлавина в норме формируется псевдомембрана, толщина которой составляет не более 0,4 мкм. Именно это впервые позволило достичь прозрачного заживления роговицы, чего не удавалось при использовании самых совершенных режущих инструментов. Благодаря такой мембране нарушалось взаимодействие между эпителиальными и стромальными цитокинами, играющими важную роль в активации кератоцитов и формировании субэпителиальной или интрастромальной фиброплазии при фоторефракционных операциях на роговице. Псевдомембрана рассасывалась под влиянием протеолитических ферментов, инициируемых асептической воспалительной реакцией. Тем не менее регенерированные клетки базального эпителия успевали сформировать собственную базальную мембрану, которая и компенсировала функцию удаленной в ходе абляции Боуеновой оболочки. При большем объеме фоторефракционной абляции увеличивались суммарная доза вторичного УФ-излучения, апоптоз и ответная асептическая воспалительная реакция. Это приводило к более выраженной активации оставшихся кератоцитов в слоях стромы, прилежащих к зоне абляции, продукции ими незрелого коллагена и формирования субэпителиальной или интрастромальной фиброплазии. С позиций вышеизложенного становится понятным, почему при абляции с рибофлавином лазер-индуцированное формирование Боуменоподобной мембранной структуры значительно большей величины явилось важным в профилактике фиброплазии. При поверхностной абляции именно она становилась барьером между эпителиальными и стромальными цитокинами, что позволило избежать формирования субэпителиальной и интрастромальной

фиброплазии [16–20]. Таким образом, впервые была решена задача защиты роговицы от индуцированного аблацией вторичного излучения. Как показали экспериментальные исследования с оценкой биомеханических свойств истонченной роговицы, при абляции с рибофлавином повышались прочностные свойства истонченной роговицы [16–18]. Разработанный новый способ проведения фоторефракционной кератоабляции с рибофлавином обеспечивал эффекты фотопротекции и кросслинkinга. Это позволило нивелировать ослабление прочностных и фотопротекторных свойств истонченной роговицы после поверхностной (ФПК, Trans-ФПК) и ламеллярной (LASIK, Femto LASIK) хирургии роговицы. В данном случае речь идет не о варианте оптимизации технологии проведения данных операций, а о принципиально новом подходе к лазерной рефракционной хирургии роговицы [19, 20].

Вышеизложенные исследования легли в основу лечебного эксимерлазерного кросслинkinга роговицы с использованием Российского офтальмологического эксимерного лазера [21]. В данном лазере впервые использовали новое техническое решение с применением ослабляющих оптических аттенуаторов в системе доставки излучения к глазу. Это позволило осуществлять быстрый переход от абляционных к субабляционным плотностям энергии в импульсе без дополнительной калибровки [21].

При лечебном эксимерлазерном кросслинkinге роговицы отмечались все классические признаки кросслинkinга с формированием линии демаркации и повышением оптической плотности в слоях стромы. Это было объективно подтверждено данными ОКТ роговицы и денситометрии. Важным преимуществом эксимерлазерного кросслинkinга явилось применение для активации рибофлавина узкого сканирующего лазерного луча, что в меньшей степени нарушало оксигенацию роговицы. Этому также способствовал аэрозольный воздушный поток микрочастиц рибофлавина, создаваемый ультразвуковым небулайзером. Первоначально при сканировании узким лучом с плотностью энергии ниже порога абляции использовали программу ФТК. В последующем для усиления рефракционного эффекта нами была разработана технология эксимерлазерного кросслинkinга с рефракционным кератомоделированием без абляции стромы. Данная технология предусматривала применение программ персонализированной ФРК с использованием плотностей энергии в импульсе ниже порога абляции (рис. 1).

Необходимо отметить, что идея эксимерлазерного рефракционного моделирования роговицы не нова. Еще в 1989 г. впервые было дано экспериментальное обоснование такого подхода с использованием эффекта деполимеризации (свеллинга) для разрушения межмолекулярных связей в строме роговицы [22–24]. Такой подход рассматривали как альтернативу нанесению радиальных насечек. Однако эти исследования были остановлены из-за нестабильных рефракционных результатов. К идее рефракционного кератомоделирования без радиальных разрезов, кератокоагуляции и абляции стромы вернулись спустя 30 лет, когда был выявлен рефракционный кератомоделирующий эффект кросслинkinга при активации рибофлавина в строме роговицы индуцированным вторичным излучением эксимерного лазера.

Как уже было изложено выше, эффект рефракционного моделирования роговицы возникал под воздействием излучения эксимерного лазера на аргон-фторе при плотно-

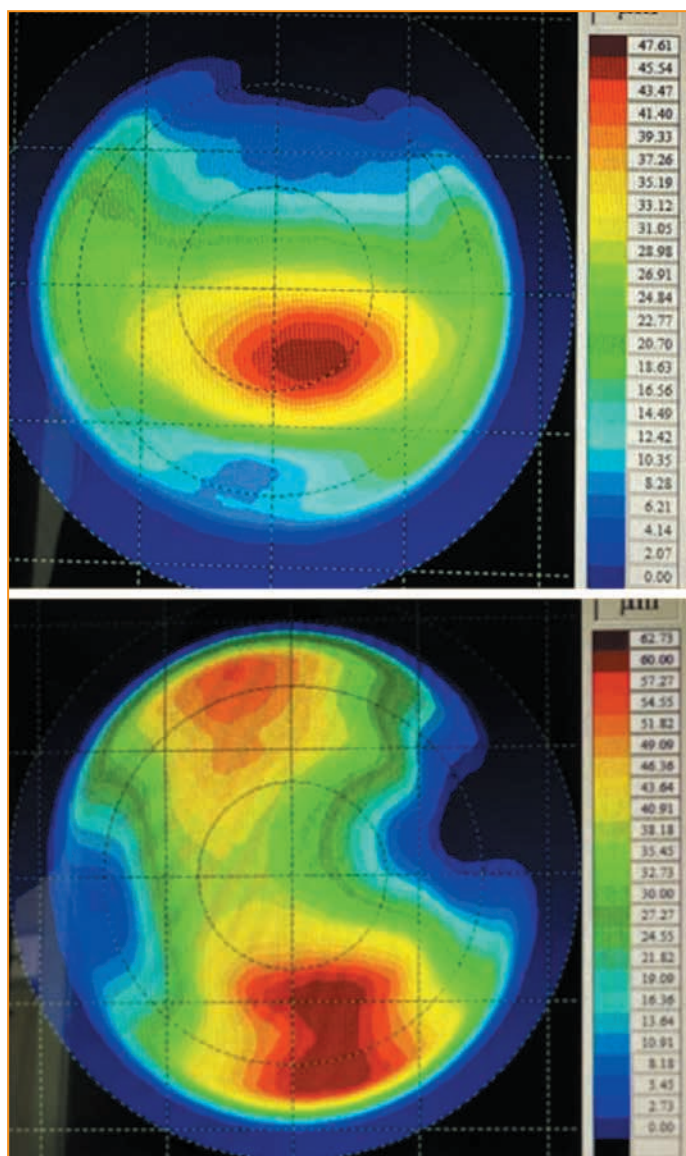


Рис. 1. Эксимерлазерный кросслинkinг с безабляционным рефракционным кератомоделированием по программе персонализированной ФРК

Fig. 1. Excimer laser crosslinking with non-ablative refractive keratamodeling using a personalized PRK program

стях энергии в импульсе ниже порога абляции. Клинические наблюдения при кератоконусе и вторичных кератэктазиях различной этиологии показали, что эксимерлазерный кросслинkinг с эффектом лазерного рефракционного кератомоделирования позволял достичь не только стабилизации прогрессирования кератэктазии, но и улучшить оптико-рефракционные и визуальные результаты [25–35]. При таком кросслинkinге отмечался выраженный рефракционный эффект, что предопределило целесообразность его дальнейшей разработки для коррекции аномалий рефракции без удаления стромы роговицы. Необходимо отметить, что при эксимерлазерном кросслинkinге с рефракционным кератомоделированием наблюдалось атипичное формирование линии демаркации в строме и несоответствие оптико-рефракционных показателей некоррированной и коррированной остроты зрения (рис. 2–4). Такой эффект можно объяснить особенностями изменений рефракционного индекса вследствие различной плотности упаковки коллагеновых фибрилл и формирования

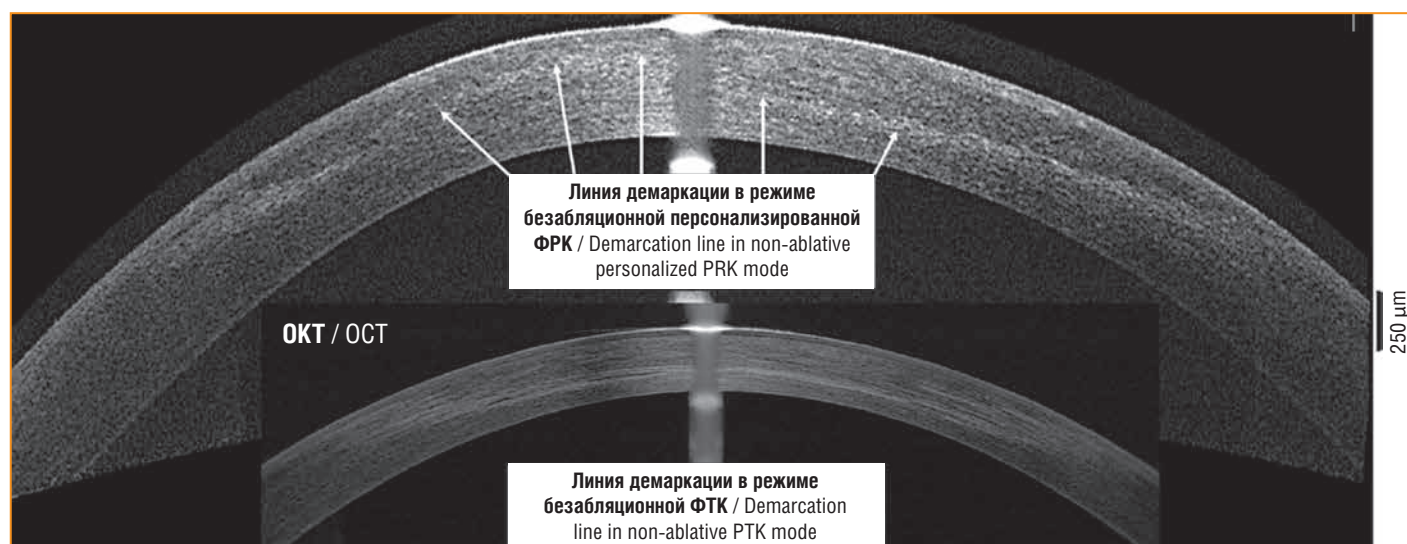
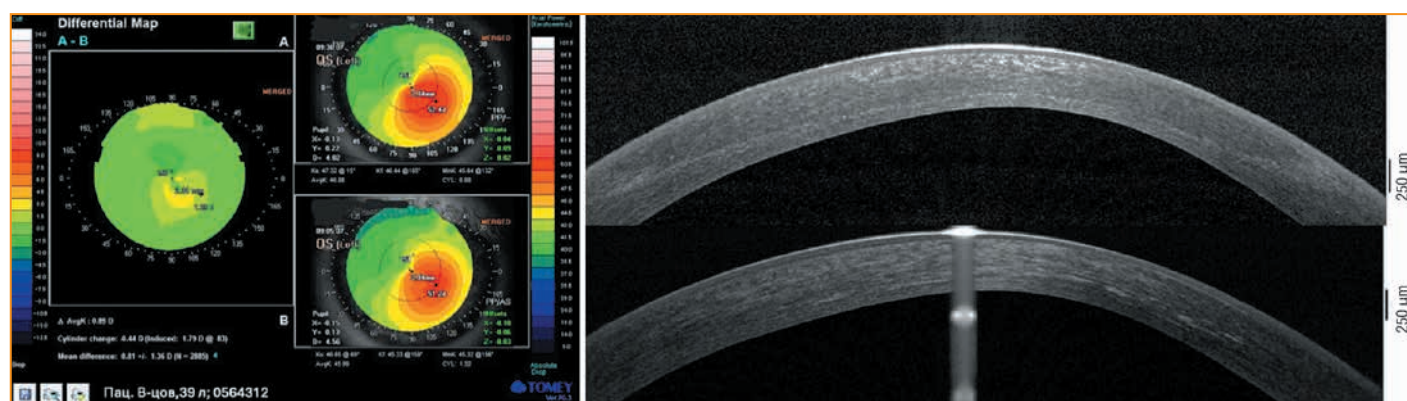


Рис. 2. Атипичное формирование линии демаркации в строме роговицы при эксимерлазерном рефракционном кератомоделировании

Fig. 2. Atypical formation of a demarcation line in the corneal stroma during excimer laser refractive keratomodeling



Показатель Parameter	OS — прогрессирующий кератоконус II степени OS — progressive keratoconus, stage II	OS через 6 мес. после кросслинкинга OS 6 months after crosslinking
K-max	52,4D	51,2D
Pachy-min	451 мкм	392 мкм
Visus	0,2 Sph -0,50 D Cyl -5,00 D ax 120° = 0,7	0,8 н/к

Рис. 3. Визуальные и оптико-рефракционные эффекты эксимерлазерного кросслинкинга с безабляционным рефракционным кератомоделированием

Fig. 3. Visual and optical-refractive effects of excimer laser crosslinking with non-ablative refractive keratomodelin

сшивок в коллагеновых структурах стромы роговицы после кросслинкинга. Важно также, что формирование дополнительных сшивок в строме роговицы увеличивало поглощение УФ-излучения и повышало ее фотопротекторную функцию [36]. Последняя точка в вышеизложенных новых подходах к лазерному рефракционному моделированию роговицы без удаления части стромы не поставлена. На сегодняшний день по точности достижения рефракционного эффекта лазерное рефракционное моделирование роговицы уступает лазерным фоторефракционным операциям и лазерным комбинированным операциям с интрастромальным удалением лентикулы. Тем не менее актуальность и необходимость продолжения исследований в этом направлении не вызывают сомнений. Эти исследования должны предусматривать различные варианты рефракционного моделирования, базирующиеся на основе

эффектов полимеризации (кросслинкинга), деполимеризации (свеллинга) и фотодеструкции в строме роговицы под влиянием лазерного излучения при энергетических параметрах, не вызывающих коагуляцию и абляцию стромы роговицы (рис. 5).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Аналитический обзор современных технологий лазерной рефракционной хирургии роговицы акцентирует внимание офтальмологов на новом подходе к проведению лазерных кераторефракционных операций с насыщением стромы рибофлавином. Это обеспечивает фотопroteкцию от индуцированного абляцией вторичного излучения, вызывает затухающий кросслинкинг с формированием мембранной структуры на абляционной поверхности и со-

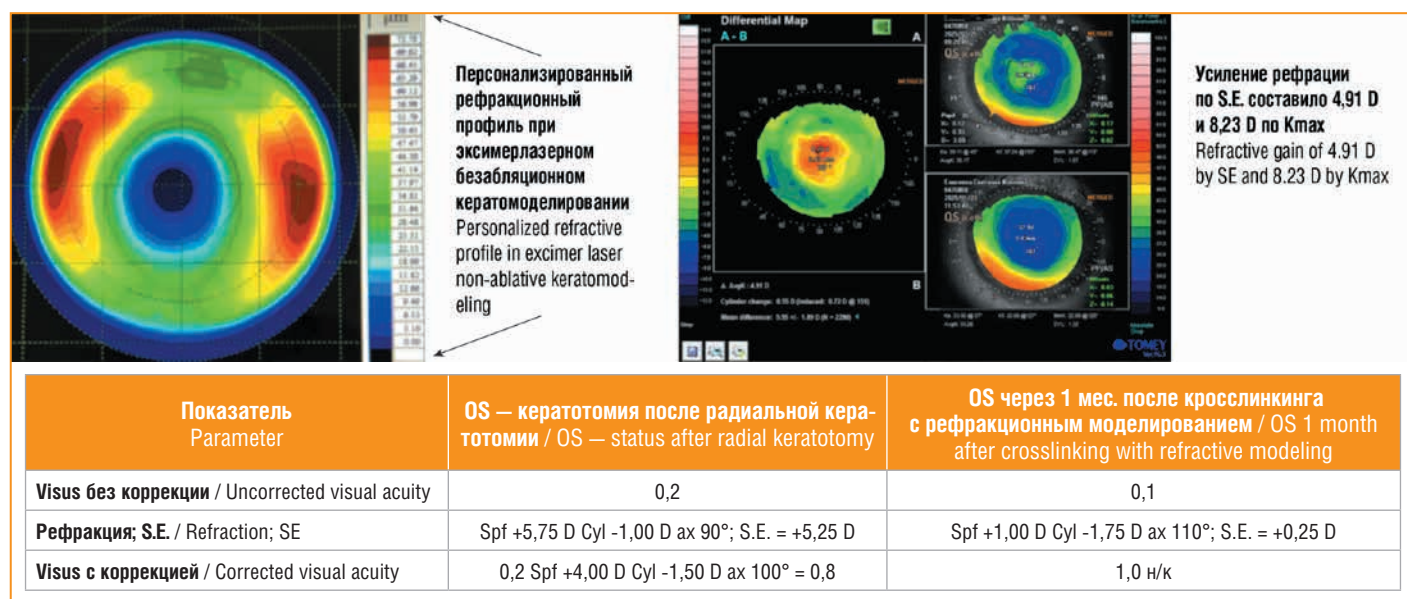


Рис. 4. Эксимерлазерный кросслинking с персонализированным рефракционным безабляционным кератомоделированием после радиальной кератотомии

Fig. 4. Excimer laser crosslinking with personalized non-ablative refractive keratomodeling after radial keratotomy

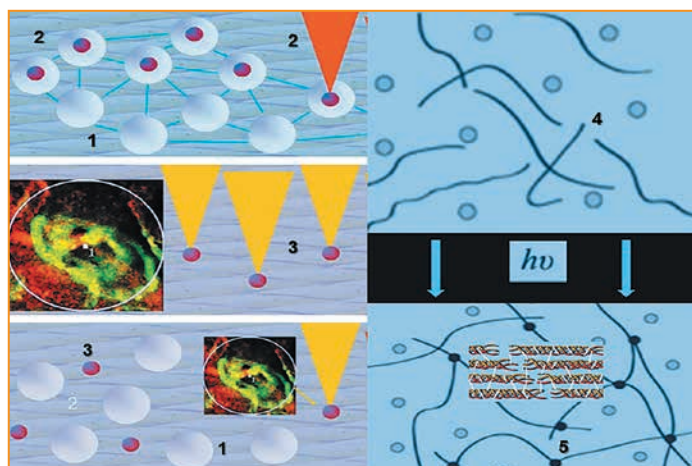


Рис. 5. Различные эффекты лазерного воздействия, которые могут быть применены для различных вариантов лазерной полимеризации (кросслинkingа), деполимеризации (свеллинга) при рефракционном моделировании роговицы без удаления стромы: 1 — фемтофотодеструкция с образованием газового пузыря; 2 — фемтофотохимический эффект с перифокальной зоной газового пузыря; 3 — фемтофотохимический эффект без образования газового пузыря; 4 — эффект лазер-индуцированного свеллинга; 5 — эффект лазер-индуцированного кросслинkingа ультрафиолетовым и инфракрасным лазерным излучением ниже порога абляции и порога фотодеструкции

Fig. 5. Various laser effects that can be applied for laser polymerization (crosslinking), depolymerization (swelling), and photodestruction in refractive corneal modeling without stromal removal: 1 — femtophotodestruction with gas bubble formation; 2 — femtophotochemical effect with a perifocal gas-bubble zone; 3 — femtophotochemical effect without gas bubble formation; 4 — laser-induced swelling effect; 5 — laser-induced crosslinking effect produced by ultraviolet (UV) and infrared (IR) laser radiation below the ablation and photodestruction thresholds

проводится эффектом рефракционного кератомоделирования. Такой подход позволяет в ответ на частичное удаление стромы ослабить асептическую воспалительную

и регенераторную реакции, уменьшить вероятность развития субэпителиальной или интрастромальной фиброплазии, регресс достигнутого рефракционного эффекта и риск индуцированной кератэктазии. Будущее в рефракционной хирургии роговицы — за лазер-индуцированным рефракционным кератомоделированием без удаления стромы с применением энергетических параметров лазерного излучения, лежащих ниже порога коагуляции, абляции или плазмоопосредованной фотодеструкции.

Литература / References

- Alryalat S.A., AlShawabkeh M., Alni'mat A., Al Bdour M. Clinical Review of Laser and Refractive Surgery. In: Alryalat, S.A. et al. Ophthalmology Board and FRCS Part 2 Exams. Springer, Singapore. 2025. DOI: 10.1007/978-981-96-1517-9_25
- Akrobetu D., Pineda R. 2nd. Laser-based Refractive Surgery: A Review of Select Clinical Challenges and Future Directions. *Int Ophthalmol Clin.* 2025;65(3):1–7. DOI: 10.1097/HIO.0000000000000568
- Fantaci B., Rodriguez Matas J.F., Squartecchia V. et al. Unraveling the impact of laser refractive surgery on corneal ectasia: an in silico study. *Front Bioeng Biotechnol.* 2025;13:1548539. DOI: 10.3389/fbioe.2025.1548539
- Almutairi M.N., Alshehri A.M., Alhoumaily A.Y. et al. Meta-analysis: clinical outcomes of laser-assisted in situ keratomileusis (LASIK) and photorefractive keratectomy (PRK) in hyperopia. *BMC Ophthalmol.* 2025;25:140. DOI: 10.1186/s12886-025-03956-6
- Аждарова Л.В., Костенев С.В., Слонимский А.Ю., Казанцев А.Д. Современные рефракционные лентикулярные технологии. *Офтальмохирургия.* 2025;2(144):106–114. DOI: 10.25276/0235-4160-2025-2-106-114
- Azhdarova L.V., Kostenev S.V., Slonimskii A.Yu., Kazantsev A.D. Modern refractive lenticular technologies. *Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery.* 2025;2(144):106–114 (in Russ.). DOI: 10.25276/0235-4160-2025-2-106-114
- Costagliola C., Balestrieri P., Fioretti F. et al. ArF 193 nm excimer laser corneal surgery as a possible risk factor in cataractogenesis. *Exp Eye Res.* 1994;58(4):453–457. DOI: 10.1006/exer.1994.1038
- Nakamura K., Bissen-Miyajima H., Arai H. et al. Iatrogenic cataract after laser-assisted in situ keratomileusis. *Am J Ophthalmol.* 1999;128(4):507–509. DOI: 10.1016/S0002-9394(99)00193-2
- Krueger R.R., Seiler T., Gruchman T. et al. Stress wave amplitudes during laser surgery of the cornea. *Ophthalmology.* 2001;108(6):1070–1074. DOI: 10.1016/S0161-6420(01)00570-X
- Wachtlin J., Blasig I.E., Schrunder S. et al. PRK and LASIK-their potential risk of cataractogenesis: lipid peroxidation changes in the aqueous humor and crystalline lens of rabbits. *Cornea.* 2000;19(1):75–79. DOI: 10.1097/00003226-200001000-00015
- Mansour A.M., Ghabra M. Cataractogenesis after Repeat Laser in situ Keratomileusis. *Case Report Ophthalmol.* 2012;3(2):262–265. DOI: 10.1159/000342134
- Корниловский И.М. Факторы катарактогенеза в лазерной рефракционной хирургии роговицы. *Офтальмология.* 2019;16(1S):112–117. DOI: 10.18008/1816-5095-2019-IS-112-117

- Kornilovsky I.M. Factors of cataractogenesis in laser refractive surgery of the cornea. *Ophthalmology*. 2019;16(1S):112–117 (in Russ.). DOI: 10.18008/1816-5095-2019-1S-112-117
12. Hashemi H., Roberts C.J., Elsheikh A. et al. Corneal biomechanics after SMILE, femtosecond-assisted LASIK and photorefractive keratectomy: A matched comparison study. *Transl Vis Sci Technol*. 2023;12(3):12. DOI: 10.1167/tvst.12.3.12
13. Jiang L., Tang C., Shu B. et al. Posterior corneal elevation after small incision lenticule extraction (SMILE) in eyes of different myopia severity. *Photodiagnosis Photodyn Ther*. 2024;50:104392. DOI: 10.1016/j.pdpdt.2024.104392
14. Qin H., Yang X., He R. et al. Evaluation of the long-term corneal biomechanics following SMILE with different residual stromal bed thickness in rabbits. *Transl Vis Sci Technol*. 2025;14(3):3. DOI: 10.1167/tvst.14.3.3
15. Корниловский И.М., Бурцев А.А., Султанова А.И. и др. Способ фоторефракционной абляции роговицы: Патент РФ № 2578388, приоритет 21.10.2014. Kornilovskiy I.M., Burtsev A.A., Sultanova A.I. et al. Method of photorefractive ablation of the cornea: RF Patent No. 2578388, priority 10.21.2014 (in Russ.).
16. Корниловский И.М., Бурцев А.А. Теоретическое и экспериментальное обоснование лазериндуцированного кроссликинга в фоторефракционной хирургии роговицы. *Катарактальная и рефракционная хирургия*. 2015;15(1):20–25. Kornilovskiy I.M., Burtsev A.A. Theoretical and experimental substantiation of laser-induced crosslinking in photorefractive corneal surgery. *Cataract and Refractive Surgery*. 2015;15(1):20–25 (in Russ.).
17. Корниловский И.М., Султанова А.И., Бурцев А.А. Фотопротекция рибофлавином с эффектом кроссликинга при фоторефракционной абляции роговицы. *Вестник офтальмологии*. 2016;132(3):37–42. DOI: 10.17116/oftalma2016132337-41
- Kornilovskiy I.M., Sultanova A.I., Burtsev A.A. Photoprotection with riboflavin with crosslinking effect in photorefractive ablation of the cornea. *Bulletin of Ophthalmology*. 2016;132(3):37–42 (in Russ.). DOI: 10.17116/oftalma2016132337-41
18. Корниловский И.М. Лазер-индуцированный кроссликинг в модификации абляционной поверхности при фоторефракционной кератэктомии. *Катарактальная и рефракционная хирургия*. 2016;16(4):29–35. Kornilovsky I.M. Laser-induced crosslinking in modification of the ablation surface during photorefractive keratectomy. *Cataract and refractive surgery*. 2016;16(4):29–35 (in Russ.).
19. Корниловский И.М. Применение индуцированного эксимерлазерной абляцией вторичного излучения для кроссликинга в рефракционной хирургии роговицы. *Катарактальная и рефракционная хирургия*. 2017;17(3):33–40. Kornilovsky I.M. Application of excimer laser ablation-induced secondary radiation for crosslinking in corneal refractive surgery. *Cataract and refractive surgery*. 2017;17(3):33–40 (in Russ.).
20. Kornilovskiy I.M. Optical Coherence Tomography and Densitometry in Assessing the Effect of Corneal Cross-Linking Upon Photorefractive Ablation with Riboflavin. *Journal of Eye Study and Treatment*. 2018;1:05–13. DOI: 10.33513/JEST/1801-02
21. Корниловский И.М., Вартапетов К.С., Мовшев В.Г., Веденеев Д.В. Новые технологии в хирургии и терапии роговицы на основе применения рибофлавина и субабляционных режимов излучения эксимерного лазера «Микроскан Визум». *Современные технологии в офтальмологии*. 2019;5:287–291. DOI: 10.25276/2312-4911-2019-5-287-291
- Kornilovsky I.M., Vartapetov K.S., Movshev V.G., Vedenev D.V. New technologies in corneal surgery and therapy based on the use of riboflavin and subablative radiation modes of the excimer laser "Microscan Visum". *Modern technologies in ophthalmology*. 2019;5:287–291 (in Russ.). DOI: 10.25276/2312-4911-2019-5-287-291
22. Корниловский И.М., Ражев А.М. Кератомоделирование низкоинтенсивным УФ излучением эксимерных лазеров. Лазеры и медицина: Тез. межд. конф. Ч. 1. М., 1989. Kornilovskiy I.M., Razhev A.M. Keratomodeling with low-intensity UV radiation of excimer lasers. *Lasers and medicine: Abstracts of int conf. Part 1. M.*, 1989 (in Russ.).
23. Корниловский И.М., Ражев А.М. Способ изменения биомеханических свойств роговичной ткани. Авторское свидетельство СССР на изобретение № 1781875, с приоритетом от 05.10.1989. Kornilovsky I.M., Razhev A.M. Method for changing the biomechanical properties of corneal tissue. USSR Author's Certificate for Invention No. 1781875, with priority from 05.10.1989. (in Russ.).
24. Корниловский И.М., Ражев А.М., Китай С.М., Семчишен В.А. Кератомоделирование низкоинтенсивным лазерным излучением эксимерных лазеров. *Известия Академии наук СССР. Серия физическая*. 1990;54(6):1594–1596. Kornilovsky I.M., Razhev A.M., Kitay S.M., Semchishen V.A. Keratomodeling with low-intensity laser radiation of excimer lasers. *Bulletin of the USSR Academy of Sciences. Physics Series*. 1990;54(6):1594–1596 (in Russ.).
25. Kornilovskiy I.M. Photorefractive Keratectomy with Protection from Ablation-Induced Secondary Radiation and Cross-linking Effect. *EC Ophthalmology*. 2019;10(70):563–570. DOI: 10.2147/OPHTH.S101632
26. Kornilovskiy I.M. Prophylactic and Therapeutic Laser-Induced Corneal Crosslinking. *EC Ophthalmology*. 2020;11(12):74–82. DOI: 10.25881/20728255_2023_18_4_S1_53
27. Kornilovskiy I.M. Application of Pulsed Laser Radiation of the Far Ultraviolet Range for Corneal Crosslinking. *Acta Scientific Ophthalmology*. 2021;4(4):51–55. DOI: 10.31080/ASOP.2021.04.0235
28. Kornilovskiy I.M. New possibilities of refractive modeling of the cornea the radiation of an argon-fluorine excimer laser. *Ophthalmology Research: An International Journal*. 2021;5(3):7–17. DOI: 10.9734/or/2021/v15i330212
29. Kornilovskiy I.M. Laser Refractive Modeling of the Cornea: New Perspectives. *New Horizons in Medicine and Medical Research*. 2022;10(19):103–117. DOI: 10.9734/bpi/nhmmr/v10i16025D
30. Kornilovskiy I.M. Reassessment of the Clinical Significance of the Demarcation Line in the Corneal Stroma in Crosslinking. *Ophthalmology Research: An International Journal*. 2022;17(3):33–41. DOI: 10.9734/or/2022/v17i330260
31. Корниловский И.М. Критерии безопасности и эффективности кроссликинга роговицы в лазерной рефракционной хирургии роговицы. *Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова*. 2022;17(4):63–66. DOI: 10.25881/20728255_2022_17_4_S1_63
- Kornilovskiy I.M. Safety and Efficacy Criteria for Corneal Crosslinking in Laser Corneal Refractive Surgery. *Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center*. 2022;17(4):63–66 (in Russ.). DOI: 10.25881/20728255_2022_17_4_S1_63
32. Корниловский И.М. Фотопротекция, профилактический кроссликинг и слезозаместительная терапия в лазерной рефракционной хирургии роговицы. *Современные технологии в офтальмологии*. 2023;1:312–318. DOI: 10.25276/2312-4911-2023-1-312-318
- Kornilovsky I.M. Photoprotection, prophylactic crosslinking and tear replacement therapy in laser refractive corneal surgery. *Modern technologies in ophthalmology*. 2023;1:312–318 (in Russ.). DOI: 10.25276/2312-4911-2023-1-312-318
33. Корниловский И.М. От традиционного к ускоренному и сверхбыстрому кроссликингу роговицы. *Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова*. 2023;17:53–58. DOI: 10.25881/20728255_2023_18_4_S1_53
- Kornilovskiy I.M. From traditional to accelerated and ultrafast corneal crosslinking. *Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center*. 2023;17:53–58 (in Russ.). DOI: 10.25881/20728255_2023_18_4_S1_53
34. Корниловский И.М. Новые подходы к кроссликингу в сочетании с рефракционным кератомоделированием при эктазиях роговицы. *Вестник национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова*. 2024;19(4):9–14. DOI: 10.25881/20728255_2024_19_4_S1_9
- Kornilovskiy I.M. New approaches to crosslinking in combination with refractive keratomodeling in corneal ectasias. *Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center*. 2024;19(4):9–14 (in Russ.). DOI: 10.25881/20728255_2024_19_4_S1_9
35. Корниловский И.М. Способ кроссликинга роговицы. Патент на изобретение RU 2822101 C2. Опубликовано 01.07.2024. Бюл.19. Kornilovsky I.M. Method of corneal crosslinking. Patent for invention RU 2822101 C2 Published 01.07.2024. Bull.19. (in Russ.).
36. Корниловский И.М. Эксимерлазерный кроссликинг с рефракционным безабляционным моделированием при эктазиях роговицы. *Точка зрения. Восток — Запад*. 2025;12(4):33–41. DOI: 10.25276/2410-1257-2025-4-33-41
- Kornilovsky I.M. Excimer Laser Crosslinking with Refractive Non-Ablative Modeling for Corneal Ectasia. *Point of view. East — West*. 2025;12(4):33–41 (in Russ.). DOI: 10.25276/2410-1257-2025-4-33-41

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Корниловский Игорь Михайлович — д.м.н., профессор, профессор кафедры глазных болезней Института усовершенствования врачей ФГБУ «НМХЦ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России; 129224, Россия, г. Москва, ул. Грекова, д. 11; ORCID iD 0000-0001-8763-7669

Контактная информация: Корниловский Игорь Михайлович, e-mail: Kornilovsky51@yandex.ru

Прозрачность финансовой деятельности: автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 24.07.2025.

Поступила после рецензирования 18.08.2025.

Принята в печать 10.09.2025.

ABOUT THE AUTHOR:

Igor M. Kornilovskiy — Dr. Sc. (Med.), Professor, Professor of the Department of Eye Diseases, Institute for Advanced Medical Training, Pirogov National Medical and Surgical Center; 11, Grekova str., Moscow, 129224, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-8763-7669

Contact information: Igor M. Kornilovskiy, e-mail: kornilovsky51@yandex.ru

Financial Disclosure: the author has no financial or property interest in any material or method mentioned.

There is no conflict of interest.

Received 24.07.2025.

Revised 18.08.2025.

Accepted 10.09.2025.

DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-12

Средства индивидуальной защиты органа зрения военнослужащих: исторические аспекты и современное применение в военных конфликтах (обзор литературы)

В.С. Кондратов, А.Н. Куликов, Т.А. Леонгардт

Военно-медицинская академия, Санкт-Петербург, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

В статье представлен комплексный анализ развития средств индивидуальной защиты органа зрения (СИЗОЗ) военнослужащих от античности до современности. Рассмотрены этапы эволюции конструкций СИЗОЗ: от металлических пластин с перфорациями и моделей с щелевыми прорезями до современных поликарбонатных тактических и баллистических очков. Представлены статистические данные о частоте повреждений глаз в вооруженных конфликтах, демонстрирующие рост показателя с 0,65% в войнах XIX столетия до 20,4% в современных боевых действиях. Показано, что ведущим поражающим фактором в актуальных конфликтах являются минно-взрывные ранения (34–82% случаев), что обусловило смещение акцента при разработке СИЗОЗ к противоосколочной защите. Рассмотрен зарубежный опыт (программа MCEPP, список APEL в Соединенных Штатах Америки) и отечественные разработки (боевой защитный комплект «Пермячка», очковая система в комплекте боевой экипировки военнослужащего «Ратник»). Выявлены ключевые проблемы современных СИЗОЗ, ограничивающие их регулярное применение: запотевание линз, давление на периорбитальную область, неудовлетворительная эргономика. Определены перспективные направления развития: повышение эргономических характеристик при сохранении баллистической стойкости, комбинированные многофункциональные конструкции, интеграция в цифровые системы управления боем.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: средства индивидуальной защиты органа зрения, тактические очки, баллистические очки, боевая травма глаза, эргономика, минно-взрывное поражение, военная офтальмотравматология.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Кондратов В.С., Куликов А.Н., Леонгардт Т.А. Средства индивидуальной защиты органа зрения военнослужащих: исторические аспекты и современное применение в военных конфликтах (обзор литературы). Клиническая офтальмология. 2026;26(3):276–283. DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-12

Personal eye protective equipment for military personnel: historical perspectives and contemporary use in armed conflicts (a literature review)

V.S. Kondratov, A.N. Kulikov, T.A. Leongardt

Military Medical Academy, St. Petersburg, Russian Federation

ABSTRACT

This article provides a comprehensive review of the evolution of personal eye protective equipment (PEPE) from antiquity to the present day. The historical development of protective eyewear is examined, from perforated metal eye guards and slit-visor designs to modern polycarbonate tactical and ballistic eyewear. Statistical data on the incidence of ocular injuries in armed conflicts are presented, demonstrating an increase from 0.65% during nineteenth-century wars to 20.4% in contemporary military operations. Mine- and blast-related injuries are identified as the predominant mechanism of ocular trauma in modern conflicts, accounting for 34–82% of cases, which has shifted the focus of PEPE development toward enhanced fragmentation resistance. International experience, including the Military Combat Eye Protection Program (MCEPP) and the Authorized Protective Eyewear List (APEL) in the United States, as well as Russian developments, including the "Permyachka" combat protective ensemble and the protective eyewear system incorporated into the "Ratnik" combat equipment, are reviewed. The principal limitations of current PEPE that restrict their routine use are identified, including lens fogging, excessive pressure on the periorbital area, and inadequate ergonomics. Future directions for the development of PEPE include improving ergonomic performance while maintaining ballistic resistance, developing multifunctional integrated designs, and incorporating protective eyewear into digital combat management systems.

KEYWORDS: personal eye protective equipment, tactical eyewear, ballistic eyewear, combat ocular trauma, ergonomics, mine-blast injury, military ocular traumatology.

FOR CITATION: Kondratov V.S., Kulikov A.N., Leongardt T.A. Personal eye protective equipment for military personnel: historical perspectives and contemporary use in armed conflicts (a literature review). Russian Journal of Clinical Ophthalmology. 2026;26(3):276–283 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2026-26-3-12

ВВЕДЕНИЕ

Орган зрения, несмотря на небольшую площадь (0,1% от общей поверхности тела), выполняет критически важную функцию в обеспечении боеспособности военнору-

жащего. Его сложное анатомическое строение, высокая функциональная значимость и низкая регенеративная способность обуславливают особую уязвимость перед поражающими факторами современного боя [1, 2]. Поврежде-

ние глаза приводит к мгновенной потере боеспособности, требует перераспределения медицинских ресурсов и в отдаленном периоде часто заканчивается инвалидизацией. По данным исследований, частота возвращения в строй после травмы глаза составляет лишь 6,1–60,7%, а из Вооруженных Сил Российской Федерации (ВС РФ) увольняют 21–67,5% пострадавших [3, 4].

Актуальность проблемы многократно возросла в связи с изменением характера вооруженных конфликтов второй половины XX и начала XXI в. Если в условиях мирного времени механические повреждения органа зрения у военнослужащих составляют 3–4% всех травм, то в ходе боевых действий доля санитарных потерь офтальмологического профиля возрастает в 20–50 раз [1, 5]. Это делает разработку эффективных средств индивидуальной защиты глаз одним из приоритетных направлений военной медицины [1, 2].

Частота повреждений органа зрения в вооруженных конфликтах

Анализ исторических данных свидетельствует о стабильном росте удельного веса повреждений глаз в структуре боевых ранений [1, 6–14] (табл. 1).

Ключевым обстоятельством, определившим эту тенденцию, стало изменение характера и особенностей поражающих факторов, что обусловлено широким применением новых видов вооружения и переменой тактики боевых действий. Если в период Первой мировой войны преобладали пулевые ранения, то с середины XX в. наблюдается прогрессирующее увеличение доли осколочных повреждений. В современных конфликтах 95–97% ранений глаз происходят в результате взрыва различных боеприпасов: противопехотных и противотанковых мин, кумулятивных снарядов, фугасов, дронов-камикадзе и боеприпасов различных модификаций, переносимых беспилотными летательными аппаратами [15, 16]. При этом наибольшую угрозу представляют не крупные осколки, а мелкие поражающие элементы массой до 200 мг, образующиеся при детонации взрывчатых веществ [17, 18].

Особую опасность представляют минно-взрывные повреждения, составляющие, по данным различных авторов, от 34 до 82% всех повреждений органа зрения [1, 4, 9, 16, 19–21]. Данный тип травмы характеризуется комбинированным термомеханическим и термомеханохимическим воздействием, множественностью ранений, обширными дефектами тканей, наличием инородных тел и высокой частотой бинокулярных повреждений (до 42% случаев).

Таблица 1. Доля повреждений органа зрения в структуре санитарных потерь в вооруженных конфликтах

Table 1. Proportion of eye injuries among total casualties in armed conflicts

Вооруженный конфликт Armed conflict	Годы Years	Доля повреждений органа зрения Proportion of eye injuries, %
Крымская война / Crimean War	1853–1856	0,65–1,0
Гражданская война в Соединенных Штатах Америки (США) / American Civil War (USA)	1861–1865	0,9
Франко-прусская война / Franco-Prussian War	1870–1871	0,65–1,0
Японо-китайская война / Sino-Japanese War	1894	0,65–1,0
Испано-американская война / Spanish-American War	1898	2,2
Первая мировая война / World War I	1914–1918	2,0
Вторая мировая война / World War II	1939–1945	2,0–4,0
Корейская война / Korean War	1950–1953	9,0
Война во Вьетнаме / Vietnam War	1964–1975	13,0
Индо-пакистанская война / Indo-Pakistani War	1965	5,4
Арабо-израильские войны / Arab-Israeli wars	1967, 1973	5,6–13,0
Боевые действия в Афганистане (с участием Союза Советских Социалистических Республик (СССР)) / Military operations in Afghanistan (involving the Union of Soviet Socialist Republics [USSR])	1979–1989	2,5–5,6
Война в Ливане / Lebanon War	1982	6,0–13,0
Операция «Буря в пустыне» / Operation “Desert Storm”	1991	6,0–16,0
Контртеррористическая операция (КТО) на Северном Кавказе Counter-terrorist operation (CTO) in the North Caucasus	1994–2002	5,0–10,2
Боевые действия в Ираке и Афганистане (с участием США) Military operations in Iraq and Afghanistan (involving the USA)	2001–2014	11,0–13,0
КТО на востоке Украины / CTO in eastern Ukraine	2014	7,0–14,0
Современный вооруженный конфликт / Current armed conflict	2022 – н. в. 2022 – present	11,6–20,4

По данным ретроспективного анализа 810 историй болезни раненых с повреждениями органа зрения за период 2015–2020 гг., минно-взрывные ранения составили 46,9%, осколочные — 52,4%, тогда как доля пулевых ранений снизилась до 0,7% [21]. Согласно исследованиям взрывной характер травм обуславливает высокую частоту сочетанных повреждений глаз и других анатомических областей. Если ранее сочетанные повреждения глаз фиксировались в 75,5%, а изолированные — в 24,5% случаев [4, 21], то, по предварительным данным кафедры офтальмологии им. профессора В.В. Волкова Военно-медицинской академии за 2022–2025 гг., в современном вооруженном конфликте частота сочетанных поражений достигла 96%, а бинокулярных — 18,3%. Ведущие причины офтальмологических травм — минно-взрывные (72%), осколочные (24%) и пулевые (4%) ранения.

История развития средств защиты глаз Ранние этапы (античность — начало XX в.)

В эпоху античности ранения головы занимали второе место после ранений туловища (21 и 54% соответственно), что обусловило создание шлемов с акцентом на защиту лицевой области. Греческие шлемы эволюционировали от конических и иллирийских форм (VIII в. до н. э.) к шлему коринфского типа (VIII–V вв. до н. э.), который полностью закрывал голову и имел узкие прорезы для глаз, носа и рта, обеспечивая максимальную защиту органа зрения.

В средние века доля повреждений лица составляла около 17%. Конструкция рыцарских шлемов претерпела трансформацию: от форм с простым «наносником» к «большому шлему» (XIV в.), далее к закрытым моделям типа штегхельм («жабья голова», конец XV в.), полностью изолирующим голову и лицо. Эти шлемы обеспечивали комплексную защиту глаз за счет герметичного закрытия лицевой части, однако они ограничивали поле зрения, что делало их непригодными для пехоты [17].

Продолжающееся развитие и противостояние средств нападения и защиты привело к эволюции шлемов, однако с появлением эффективного огнестрельного оружия в эпоху Наполеоновских войн бронезащита головы была практически полностью отменена (кирасы и шлемы отменены в армиях Российской и Австрийской империй в 1856 и 1859 гг. соответственно) [17]. При этом в период Крымской войны (1853–1856 гг.) Н.И. Пирогов обратил внимание на крайне неблагоприятные исходы пулевых ранений и контузий глаза. Им впервые было сформулировано понятие «сочувственного заболевания» — симпатической офтальмии как одного из наиболее опасных поздних осложнений односторонней огнестрельной травмы глаза [18].

Таким образом, эволюция огнестрельного оружия середины XIX в. обесценила эффективность металлических шлемов, что привело к их исключению из снаряжения армий ведущих держав и, как следствие, к отсутствию индивидуальных средств защиты головы, лица и органа зрения на рубеже XIX–XX вв.

Первая мировая война: первые системные решения

Первая мировая война стала переломным моментом в истории защиты глаз. Уже в 1910 г. французский химик Эдуард Бенедиктус (Edouard Benedictus) запатентовал технологию производства многослойного (ламинированного)

стекла, которое в годы войны применялось для изготовления стекол противогазов, лобовых стекол военной техники и оптических приборов [2, 17].

Для защиты от осколков применялись различные решения:

- ♦ в Великобритании и США — очки со стальной пластиной, имеющей горизонтальную щель и круглое отверстие внизу для обзора при ходьбе;
- ♦ в немецкой армии — модель "Lochbrillen" Карла Цейсса (Carl Zeiss) с множеством мелких круглых отверстий, обладавшая также корректирующими свойствами за счет диафрагмирующего эффекта [2, 22].

Особую уязвимость демонстрировали экипажи первых танков: ранения лица и глаз составляли до 80% всех повреждений танкистов из-за попадания осколков, брызг свинца и отколов брони через смотровые щели [17, 18].

В 1928 г. немецкий химик Отто Рем (Otto Röhm) синтезировал первые прозрачные образцы полиметилметакрилата (ПММА). Открытие было запатентовано в 1933 г. для применения в изготовлении оптических линз. Первые линзы из ПММА были внедрены в массовое производство в 1937 г. в США, однако это не привело к созданию эффективных средств индивидуальной защиты глаз военнослужащих в связи с невысокой прочностью полимера и его низкой баллистической стойкостью, поэтому материал в основном использовали в авиационной и корабельной технике [17, 23].

Вторая мировая война и послевоенный период

В СССР исследования по защите глаз проводились с 1930-х годов, однако массового применения средства индивидуальной защиты органа зрения (СИЗОЗ) в сухопутных войсках не нашли. Хотя уже в 1941 г. Б.Л. Поляк обратил внимание на то, что 95% боевых огнестрельных повреждений органа зрения вызваны мелкими осколками массой до 200 мг [24]. Наиболее значимой отечественной разработкой тех лет стали «защитно-корректирующие очки», созданные коллективом сотрудников кафедры офтальмологии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова. Результаты указанной работы были опубликованы в 1943 г. в журнале «Военно-санитарное дело» [22]. Предложенные защитные очки состояли из двух алюминиевых пластинок толщиной 0,8–1,0 мм с множеством точечных отверстий диаметром 1 мм, расположенных на расстоянии 4 мм друг от друга. Конструкция обеспечивала надежную защиту от мелких осколков (задерживала 96–100% осколков массой до 200 мг) и ультрафиолетового излучения, одновременно корректируя рефракционные нарушения за счет диафрагмирования [17, 18, 22, 24]. Очки были испытаны на одном из фронтов Великой Отечественной войны и показали эффективность в защите от мелких осколков. Однако они не получили широкого распространения ввиду конструктивных недостатков: снижения остроты зрения в условиях слабой освещенности, сужения поля зрения, невозможности применения в ночное время [17, 18, 24].

Анализ исторических источников позволяет сделать вывод, что, несмотря на отдельные попытки разработки защитных очков, штатные баллистические СИЗОЗ для военнослужащих, предназначенные для предотвращения осколочных повреждений в условиях боестолкновения, отсутствовали во всех ведущих армиях мира в период Второй мировой войны (1939–1945 гг.).

Таким образом, даже при наличии технических возможностей, включая разработку прозрачных полимеров и отдельные попытки конструкторских решений, ни одна из ведущих армий мира не создала эффективных баллистических очков для массового оснащения военнослужащих. Ключевой причиной создавшегося положения стало отсутствие военной доктрины, признающей защиту органа зрения одной из приоритетных задач по сохранению качества жизни. Военное сознание того времени фокусировалось на защите жизненно важных органов (голова, грудная клетка), тогда как орган зрения воспринимался как «второстепенная» анатомическая структура, которой можно пожертвовать ради сохранения витальных функций. Эта установка, закрепленная в руководствах по снабжению, не оставляла пространства для разработки и внедрения специализированных СИЗОЗ даже при наличии технологий. Лишь в начале XXI в., после анализа санитарных потерь в Ираке, Афганистане и пересмотра подхода в сторону сохранения не только жизни военнослужащих, но и ее качества, защита органа зрения была признана обязательным элементом боевой экипировки, что привело к массовому внедрению баллистических очков в армиях ведущих стран мира.

СОВРЕМЕННЫЙ ЭТАП (КОНЕЦ XX — НАЧАЛО XXI в.)

В первой половине 1980-х годов в СССР сформировалось научно-прикладное направление, посвященное защите органа зрения от интенсивного светового излучения ядерного взрыва. В рамках этих исследований были разработаны специализированные фотохромные СИЗОЗ: очки модели ОФ (очки фотохромные) и ОПФ (очки противоожоговые фотохромные). Основное назначение данных изделий — предотвращение поражений сетчатки глаза и минимизация продолжительности функционального нарушения зрения, вызванного временным ослеплением вспышкой ядерного взрыва [17, 18].

Ключевым технологическим прорывом стало внедрение поликарбоната — материала, обладающего высокой баллистической стойкостью и ударопрочностью при малой массе. В США еще в 1960-х годов проводились системные исследования баллистических свойств различных материалов, а в конце 1990-х начались работы по созданию комплексной защиты от кинетических поражений и лазерного излучения. К 2006 г. были анонсированы разработки на базе инновационных полимеров, способных выдерживать попадание пуль калибра 9 мм [17, 23].

В России научное обоснование выбора полимерных материалов для СИЗОЗ было получено в результате комплексных исследований, проведенных в 1993–1998 гг. под руководством И.М. Чижана. Анализ 775 историй болезни раненых в Афганистане (1979–1989) и на Северном Кавказе (1994–1996) показал, что взрывные осколочные ранения глаз составили 92–97% от всех огнестрельных повреждений, причем 63–68% из них были вызваны осколками мин и гранат [24]. Расчет вероятной кинетической энергии ранимых осколков выявил три характерных уровня: <1 Дж (низкий), 1–18 Дж (средний) и >18 Дж (высокий). В 95% случаев кинетическая энергия осколков не превышала 18 Дж, при этом 67–82% повреждений были нанесены осколками массой до 30 мг

со скоростью полета не более 300 м/с [24]. При сравнительной оценке баллистической прочности различных полимерных материалов (ПММА, поликарбонат, полистирол, полидиэтиленгликоль-бисаллилкарбонат) методом баллистических испытаний на специальном стенде было установлено, что поликарбонат обладает на порядок большей ударопрочностью по сравнению с другими материалами. Баллистический предел прочности отечественного оптического поликарбоната марки ПК-ЭТ-7,0 толщиной 2 мм составил $19,7 \pm 0,8$ Дж, что достаточно для надежной защиты глаз от 95% осколков, вызывающих боевые огнестрельные ранения органа зрения. Применение поликарбоната толщиной 3 мм с баллистическим пределом прочности $23,6 \pm 0,9$ Дж позволяет обеспечить защиту от 96–99% ранимых осколков [24]. Эти данные легли в основу современных требований к СИЗОЗ и обосновали выбор поликарбоната в качестве основного конструкционного материала для тактических и баллистических очков.

В ВС РФ первым шагом к массовому оснащению личного состава современными средствами защиты глаз стал боевой защитный комплект «Пермячка», принятый на снабжение в 2004 г. В его состав входили противоосколочные очки, отвечающие базовым тактико-техническим требованиям и обеспечивающие защиту от мелких осколков, пыли и ветра. Несмотря на ограниченные защитные свойства по сравнению с зарубежными аналогами (отсутствие сертификации по баллистическим стандартам), комплект «Пермячка» стал основой для последующей разработки СИЗОЗ в сухопутных войсках, программы создания боевой экипировки нового поколения.

В 2004 г. министерство обороны США (U.S. Department of Defense) учредило программу Military Combat Eye Protection Program (MCEPP), направленную на разработку средств защиты глаз от боевой травмы в условиях военных действий. В результате появился список авторизованных средств защиты глаз Authorized Protective Eyewear List (APEL), обновляемый каждые 6 мес. [23, 25]. СИЗОЗ были классифицированы по характеру угроз:

- ♦ SWDGC (Sun, Wind and Dust Goggle) — защита от солнца, ветра, пыли;
- ♦ BLPS (Ballistic/Laser Protective Spectacles) — баллистическая защита от осколков и лазерного излучения;
- ♦ SPECS (Special Protective Eyewear Cylindrical System) — специальная цилиндрическая система защиты.

В итоге была создана комбинированная подсистема Military Eye Protection System (MEPS), обеспечивающая multifunctional защиту от картечи, осколков различной массы, ветра, пыли, солнечного и лазерного излучения. Ключевым элементом системы — линзы из поликарбоната толщиной 2–3 мм, которые способны выдерживать попадание пуль калибра 5,56 мм^{1,2} [23, 25].

В Российской Федерации массовое оснащение войск СИЗОЗ началось лишь в XXI в. Современный образец, состоящий на снабжении, — защитные очки 6Б50, входящие в состав боевой экипировки военнослужащего (БЭВ) «Ратник». Однако, в отличие от США, в России до сих пор отсутствует единая государственная программа по защите органа зрения. Нормативная база представлена общепромышленными стандартами: российскими (ГОСТ 12.4.013-97,

¹ MIL-PRF-31013. Special protective eyewear cylindrical system (SPECS). U.S. Department of Defense. 1996 (Electronic resours.) URL: <https://www.abbott-aerospace.com/downloads/mil-prf-31013-spectacles-special-protective-eyewear-cylindrical-system-specs/> (access date: 15.03.2026).

² MIL-PRF-32432A. Military combat eye protection (MCEP) system. U.S. Department of Defense. 2018 (Electronic resours.) URL: <https://www.eurolab.net/en/sektorel/askeri-testler/mil-prf-32432a-askeri-muharebe-goz-korumma-mcep-sistemi/> (access date: 15.03.2026).

ГОСТ 12.4.253-2013, ГОСТ 12.4.308-2016) [26–28], американскими (ANSI Z87.1-2020, MIL-PRF-32432)² [29] и европейскими (CE EN 166:2001) [30], а также военным стандартом ГОСТ РВ 52511–2005 [31].

Экспериментальная оценка эффективности очков 6Б50 на стандартизированных моделях открытой огнестрельной травмы глаза типов А, В, С и D с воспроизведением удельной кинетической энергии, достаточной для формирования повреждений соответствующей степени тяжести, показала, что во всех случаях зафиксировано лишь нарушение целостности первого слоя защитного стекла без его сквозного разрушения. Это подтверждает высокую баллистическую стойкость очков 6Б50 при воздействии осколков с энергией, характерной для современных минно-взрывных поражений [32]. Полученные данные свидетельствуют о способности очков 6Б50 предотвращать открытую травму глаза при воздействии вторичных ранящих снарядов.

Современные исследования подтвердили эффективность поликарбонатных очков не только против осколков, но и против первичной взрывной волны. Эксперименты с использованием ударной трубки со сжатым газом и компьютерного моделирования показали, что при прямом воздействии взрывной волны (0°) щитки снижают пиковое давление на поверхности глаза на 50%, а очки по типу сварочных — на 80% по сравнению с отсутствием защиты. Однако эффективность защиты существенно зависит от угла воздействия: при повороте головы на 90° эффективность очков снижается, а в некоторых случаях импульс давления на глаза может увеличиваться до 150% по сравнению с отсутствием защиты из-за формирования «волнового скачка» между внутренней поверхностью очков и лицом. Выявлены три основных механизма нагружения глаз взрывной волной: прямое воздействие, отражение от лицевых структур (нос, лоб, скулы) и дифракция волн вокруг головы с формированием вторичного «волнового скачка» [33]. Эти данные подчеркивают необходимость оптимизации прилегания защитных очков к лицу и разработки конструкций, минимизирующих формирование вторичных волновых фронтов при взрывном воздействии.

ПРОБЛЕМЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ И ЭРГОНОМИКИ

Несмотря на технический прогресс, эффективность применения СИЗОЗ в ВС РФ остается низкой, в большинстве случаев очки носят в «походном положении» (на каске) или вовсе хранят в чехле и под сумках. К основным причинам их нерегулярного использования относят:

- ♦ запотевание защитных стекол при длительном ношении, особенно в условиях высокой физической нагрузки;
- ♦ давление на переносицу и периорбитальную область, вызывающее дискомфорт и головные боли;
- ♦ ограничение поля зрения и снижение контрастной чувствительности;
- ♦ несовместимость с другими элементами экипировки (противогазы, наушники, средства индивидуальной защиты органа слуха, приборы ночного видения) [2, 34].

Современные СИЗОЗ военнослужащих включают модели, созданные под разные тактические задачи [25] (табл. 2).

В Министерстве обороны Российской Федерации на текущий момент отсутствуют системные протоколы и регламенты, регулирующие обеспечение, применение и мониторинг эффективности СИЗОЗ военнослужащих. В отличие от шлемов и бронежилетов, для СИЗОЗ не установлены обязательные условия применения в зонах боевых действий. В регламентирующих документах отсутствуют положения, предписывающие ношение защитных очков при выполнении задач в районах с повышенной осколочной опасностью, ведении боя в городских условиях, работе с взрывчатыми веществами и артиллерией.

Серийные СИЗОЗ, которыми оснащаются ВС РФ, представлены образцами АО НПП «Класс» (Россия). В состав БЭВ «Ратник», принятой на снабжение, входят баллистические очки закрытого типа 6Б50, обеспечивающие высокий уровень защиты от вторичных ранящих снарядов. Тем же производителем разработаны очки открытого типа «Кондор», отнесенные к первому классу баллистической защиты оптических элементов в соответствии с требованиями ГОСТ РВ 52511-2005. Их баллистическая стойкость характеризуется параметром $V50\% \geq 230$ м/с (скорость, при которой вероятность пробития линзы стальным сферическим снарядом массой 1,1 г составляет 50%). Для сравнения, очки 6Б50 обладают повышенной защитной способностью с $V50\% \geq 350$ м/с, что в 1,5 раза превышает показатель модели «Кондор» и соответствует более высокому классу баллистической защиты.

В настоящее время современные разработки фокусируются не только на баллистической стойкости, но и на эргономике, совместимости с другим снаряжением и решении проблемы запотевания как одной из ведущих причин нерегулярного использования СИЗОЗ в боевых условиях.

Исследования зарубежных авторов подтвердили, что очки без коррекции не влияют на периферическое поле зрения, тогда как очки закрытого типа вызывают значительное его ухудшение (до 33% пропущенных точек) [34]. Использование корригирующих линз-вставок дополни-

Таблица 2. Виды СИЗОЗ по типу конструкции

Table 2. Types of personal eye protective equipment (PEPE) according to design

Тип конструкции СИЗОЗ PEPE type	Характеристики Characteristics
Открытый тип Open-design type	Приоритет совместимости с элементами экипировки, комфорта и удовлетворительной баллистической стойкости Priority on compatibility with other gear, comfort, and satisfactory ballistic resistance
Закрытый тип Closed-design type	Высокая баллистическая стойкость (применяются при повышенной осколочной опасности — городские бои, минные поля) High ballistic resistance (used when the fragmentation hazard is elevated — urban combat, minefields)
Гибридные системы Hybrid systems	Максимально возможная адаптивность и универсальность Maximum achievable adaptability and versatility

тельно увеличивает количество пропущенных точек в периферии на 12,2% по сравнению с баллистическими очками без коррекции. Это требует от военнослужащих замены движений глаз движениями головы при сканировании периферического пространства [34].

Экспериментальные данные подтверждают эффективность СИЗОЗ при правильном применении. Во время войны в Ираке и Афганистане у 408 британских солдат, регулярно использовавших защитные очки, риск получения травмы глаза снизился на 90% по сравнению с группой военнослужащих, не использовавших СИЗОЗ [15, 34]. Британские исследования методом картирования поверхностных ран показали, что военнослужащие, не носившие защитные очки, в 9,9 раза чаще получали проникающие осколочные травмы глаз от взрывных устройств [7, 15]. Анализ военных травм США (2003–2006 гг.) продемонстрировал снижение частоты травм глаз с 26 до 17% у военнослужащих, применявших защитные очки, при этом тяжесть травм также была достоверно ниже [23, 35]. В ходе первой Ливанской войны солдаты, применявшие средства защиты глаз при правильном их расположении, ранений не получили [15, 34]. Согласно обобщенным данным у военнослужащих, не использующих СИЗОЗ, вероятность повреждения органа зрения на 5–42% выше [3, 5, 10, 18, 23, 32, 34–37]. При этом важно отметить, что эффективность защиты напрямую зависит от регулярности их правильного и постоянного применения: даже самые баллистически стойкие очки не обеспечат защиту, если находятся в подвешенном или на каске в «походном положении».

Перспективные направления развития

Анализ современных тенденций позволяет выделить пять ключевых направлений совершенствования СИЗОЗ.

1. Универсализация защиты. Современные тенденции направлены на создание единой конструкции, обеспечивающей защиту от всех типов поражающих факторов (механических, термических, химических, лучевых) при сохранении высоких зрительных функций [2, 17].
2. Массовость применения. Переход от оснащения отдельных категорий специалистов (летчики, танкисты) к обеспечению средствами защиты всех категорий военнослужащих, включая рядовой состав [2, 17].
3. Эргономизация конструкций. Повышение комфорта ношения за счет улучшения распределения нагрузки на лицо, применения антизапотевающих покрытий, снижения массы изделия (до 40–50 г), адаптации под антропометрические особенности различных групп населения и обеспечения совместимости с другими элементами экипировки. Международный опыт демонстрирует, что снижение массы очков в 2–3 раза и улучшение дизайна могут увеличить уровень их применения на 30–50% [30, 35, 38]. Особое внимание следует уделить минимизации влияния на периферическое поле зрения и разработке решений для совместного использования с корригирующими линзами без значительного ухудшения зрительных функций [34].
4. Интеграция в цифровые системы. Перспективная боевая экипировка предполагает создание бронешлема

с полной изоляцией головы, в который будут интегрированы средства индивидуальной защиты органа зрения, слуха и дыхания, системы связи и отображения тактической информации (концепция «солдата будущего») [39, 40].

5. Материальное совершенствование. Поликарбонат остается основным материалом для баллистической защиты, однако ведутся исследования по созданию композитных материалов с улучшенными оптическими и защитными свойствами [17, 23, 24]. Научно обоснованные требования к полимерным линзам включают: толщину не менее 2 мм для обеспечения баллистической стойкости не менее 18 Дж; коэффициент светопропускания не менее 80%; массу очков открытого типа не более 50 г, закрытого типа — не более 100 г; а также самозатухающие свойства материала (скорость горения не более 35 мм/мин) [24].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ свидетельствует о росте доли повреждений органа зрения в структуре боевых ранений, что обусловлено доминированием минно-взрывных поражений в современных вооруженных конфликтах. Эволюция СИЗОЗ отражает технологический прогресс, однако профилактический эффект существенно ограничен низкой комплаентностью личного состава. Ключевые барьеры — запотевание линз, ограничение периферического зрения, снижение контрастной чувствительности, дискомфорт при длительном ношении и ограниченная совместимость с другими элементами экипировки. В отличие от зарубежных армий, внедривших системные программы сертификации, в ВС РФ отсутствует единая нормативная база, регламентирующая обязательность и контроль применения СИЗОЗ. Перспективы развития связаны не только с повышением баллистической стойкости, но и с эргономической оптимизацией, интеграцией в цифровые системы управления боем, а также с разработкой образовательных и дисциплинарных мер, мотивирующих военнослужащих к постоянному ношению СИЗОЗ. Только комплексный подход, объединяющий технические, организационные и санитарно-просветительные решения, способен реализовать потенциальную эффективность СИЗОЗ и существенно снизить офтальмологические санитарные потери.

Литература / References

1. Волков В.В., Куликов А.Н., Рейтузов В.А., Трояновский Р.Л. Офтальмотравматология в Вооруженных Силах (к 200-летию кафедры офтальмологии Военно-медицинской академии). *Известия Российской военно-медицинской академии*. 2018;37(2):4–12.
Volkov V.V., Kulikov A.N., Reytuzov V.A., Troyanovskiy R.L. Ophthalmotraumatology in the armed forces (to the 200th anniversary of the ophthalmology department of the Military medical academy). *Russian Military Medical Academy Reports*. 2018;37(2):4–12 (in Russ.).
2. Юрченко Е.М. Обзор литературы на тему развития средств индивидуальной защиты глаз в ВС РФ. *Известия Российской военно-медицинской академии*. 2019;38(1–2):285–288.
Yurchenko E.M. Review of the literature on the development of personal protective equipment-eye in the armed forces. *Russian Military Medical Academy Reports*. 2019;38(1–2):285–288 (in Russ.).
3. Boiko E.V., Churashov S.V., Haritonova N.N., Budko A.A. Vitreoretinal surgery in the management of war-related open-globe injuries. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2013;251(3):637–644. DOI: 10.1007/s00417-012-1954-3
4. Леонгардт Т.А. Совершенствование организации специализированной офтальмологической помощи в ходе медицинского обеспечения объединенной

- группировки войск (сил) в вооруженном конфликте: дис. ... канд. мед. наук. СПб.; 2011.
- Leongardt T.A. Improving the organization of specialized ophthalmological care during medical support of the combined group of troops (forces) in an armed conflict: thesis. SPb.; 2011 (in Russ.).
5. Поляк Б.Л. Военно-полевая офтальмология (Боевые повреждения органа зрения). 2-е изд., доп. Ленинград: Медгиз, Ленингр. отделение; 1957.
- Polyak B.L. Military Field Ophthalmology (Combat Injuries to the Eye). 2nd edition, revised. Leningrad: Medgiz, Leningrad branch, 1957 (in Russ.).
6. Ari A.B. Eye injuries on the battlefields of Iraq and Afghanistan: public health implications. *Optometry*. 2006;77(7):329–339. DOI: 10.1016/j.optm.2006.03.015
7. Breeze J., Allanson-Bailey L.S., Hunt N.C. et al. Surface wound mapping of battlefield ocularo-facial injury. *Injury*. 2012;43(11):1856–1860. DOI: 10.1016/j.injury.2011.07.001
8. Jha K.N. Indian Soldiers Need Eye Protection. *J Clin Diagn Res*. 2017;11(2):NE01–NE03. DOI: 10.7860/JCDR/2017/20792.9350
9. Военно-полевая хирургия. Национальное руководство. Под ред. Самохвалова И.М. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2024.
- Military Field Surgery. National Guide. Edited by I.M. Samokhvalov. M.: GEOTAR-Media; 2024. DOI: 10.33029/9704-8036-6-VPX-2024-1-1056
10. Волков В.В. Открытая травма глаза: монография. СПб.: ВМедА; 2016.
- Volkov V.V. Open Eye Injury: A Monograph. St. Petersburg: VMedA; 2016 (in Russ.).
11. Красновид Т.А., Петрецькая О.С., Грубник Н.П. и др. Особенности структуры и характер глазных повреждений в зоне АТО на востоке Украины. *Офтальмология Восточной Европы*. 2017;2:60–64. (Электронный ресурс.) URL: <https://rucont.ru/efd/578246> (дата обращения: 15.04.2026).
- Krasnovid T.A., Petretskaya O.S., Grubnik N.P. et al. Features of the structure and nature of eye injuries in the ATO zone in eastern Ukraine. *Ophthalmology of Eastern Europe*. 2017;2:60–64. (Electronic resource.) URL: <https://rucont.ru/efd/578246> (access date: 15.04.2026) (in Russ.).
12. Куликов А.Н. Витреоретинальная хирургия в современной войне. Материалы конф. «Боевая травма 2024». Москва; 2024.
- Kulikov A.N. Vitreoretinal surgery in modern warfare. Conference materials. "Combat trauma 2024". Moscow, 2024 (in Russ.).
13. Куликов А.Н. Современная боевая травма органа зрения. Материалы конф. «Огнестрельная Рана. Хирургия повреждений». Москва; 2025.
- Kulikov A.N. Modern Combat Trauma of the Eye. Materials of the Conference "Gunshot Wound. Surgery of Injuries." Moscow, 2025 (in Russ.).
14. Тысяча дней специальной военной операции. Избранные вопросы медицинского обеспечения. Под ред. Тришкина Д.В. М.: ГВМУ МО РФ; 2024.
- A Thousand Days of a Special Military Operation. Selected Issues of Medical Support. Edited by D.V. Trishkin. M.: Main Military Medical Directorate of the Ministry of Defense of the Russian Federation; 2024 (in Russ.).
15. Gendler S., Nadler R., Erlich T. et al. Eye injury in the Israeli Defense Force: "an ounce of prevention is worth a pound of cure". *Injury*. 2015;46(7):1241–1244. DOI: 10.1016/j.injury.2015.01.035
16. Джиоева А.В., Степанов А.В. Особенности высокотехнологичной офтальмохирургической помощи при сочетанной осколочной взрывной травме с повреждениями глаз. *Вестник экспериментальной и клинической хирургии*. 2011;4(1):159–161.
- Dzhioeva A.V., Stepanov A.V. Features of high-tech ophthalmosurgical care in combined shrapnel blast injury with eye damage. *Bulletin of Experimental and Clinical Surgery*. 2011;4(1):159–161 (in Russ.).
17. Дубницкий В.Ю., Крыленко И.М., Фесенко Г.В., Черепнев И.А. История развития средств защиты глаз военнослужащих в условиях боевых действий и современные требования к контролю их стойкости к ударным воздействиям. *Системы озброения и войскава техника*. 2017;1(49):23–36.
- Dubnitskiy V.Yu., Krylenko I.M., Fesenko G.V., Cherepnev I.A. History of the development of eye protection equipment for military personnel in combat conditions and modern requirements for controlling its resistance to impact. *Sistemi ozbroennyya i vijska tekhnika*. 2017;1(49):23–36 (in Russ.).
18. Ризванов Я.Л. Эволюция средств защиты глаз у военнослужащих. *Известия Российской военно-медицинской академии*. 2019;38(S1–2):109–112.
- Rizvanov Y.L. Evolution of Eye Protection Devices for Military Personnel. *Russian Military Medical Academy Reports*. 2019;38(S1–2):109–112 (in Russ.).
19. Войновский Е.А., Пархоменко И.В. Технология одномоментного витреоретинального вмешательства при лечении тяжелых боевых травм глаз. *Медицина катастроф*. 2013;2(82):30–32.
- Voynovskiy E.A., Parkhomenko I.V. Technology of single-stage vitreoretinal intervention in managing of severe combat eye wounds. *Disaster medicine*. 2013;2(82):30–32 (in Russ.).
20. Горбачев Д.С., Черныш В.Ф., Порицкий Ю.В. и др. Особенности реконструктивной хирургии вспомогательных органов глаза при боевых повреждениях органа зрения. *Современные технологии в офтальмологии*. 2016;3:99–101.
- Gorbachev D.S., Chernysh V.F., Poritskiy Yu.V. et al. Features of reconstructive surgery of auxiliary eye organs in case of combat injuries to the visual organ. *Modern Technologies in Ophthalmology*. 2016;3:99–101 (in Russ.).
21. Михин А.А., Чурашов С.В., Куликов А.Н., Николаев С.Н. Современная боевая травма глаза. Структура, особенности и исходы лечения. *Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова*. 2021;16(1):132–134. DOI: 10.25881/BPNMSC.2021.61.84.025
- Mikhin A.A., Churashov S.V., Kulikov A.N., Nikolaev S.N. Modern combat eye injury. structure, features and outcomes of treatment. *Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center*. 2021;16(1):132–134 (in Russ.). DOI: 10.25881/BPNMSC.2021.61.84.025
22. Болгов П.Я. Герасименко П.Н., Губанов В.И. и др. Защитно-корректирующие очки. *Военно-санитарное дело*. 1943;4:35–38.
- Bolgov P.Ya., Gerasimenko P.N., Gubanov V.I. et al. Protective and corrective glasses. *Military medical affairs*. 1943;4:35–38 (in Russ.).
23. Thomas R., McManus J.G., Johnson A. et al. Ocular injury reduction from ocular protection use in current combat operations. *J Trauma*. 2009;66(4):99–103. DOI: 10.1097/TA.0b013e31819d8695
24. Чиж И.М., Плужников Н.Н., Шишкин М.М. и др. Защита глаз военнослужащих в боевых условиях с помощью специальных очков. *Военно-медицинский журнал*. 1999;9:4–9.
- Chizh I.M., Pluzhnikov N.N., Shishkin M.M. et al. Protection of the Eyes of Military Personnel in Combat Conditions Using Special Glasses. *Military Medical Journal*. 1999;9:4–9 (in Russ.).
25. U.S. Department of Defense. Military Combat Eye Protection Program (MCEPP): Authorized Protective Eyewear List (APEL). (Electronic resource.) URL: <https://creground.army.mil/Equipment/Approved-Eyewear-QPL/#goggles> (access date: 15.01.2026).
26. ГОСТ 12.4.013-97. Система стандартов безопасности труда. Очки защитные. Общие технические условия. М.: ИПК Издательство стандартов; 1997.
- Occupational safety standards system. Goggles. General specifications. M.: IPK Izdatel'stvo standartov; 1997 (in Russ.).
27. ГОСТ 12.4.253-2013. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты глаз и лица. Общие технические требования. Методы испытаний. М.: Стандартинформ; 2014.
- Occupational safety standards system. Personal eye and face protection equipment. General technical requirements. M.: Standartinform; 2014 (in Russ.).
28. ГОСТ 12.4.308-2016. Средства индивидуальной защиты глаз. Очки для защиты от лазерного излучения. М.: Стандартинформ; 2019.
- Occupational safety standards system. Personal eye-protection. Laser eye-protectors. General technical requirements and test methods. M.: Standartinform; 2019 (in Russ.).
29. ANSI Z87.1-2020. American National Standard for Occupational and Educational Personal Eye and Face Protection Devices. New York: American National Standards Institute; 2020.
30. EN 166:2001. Personal eye-protection — Specifications. Brussels: European Committee for Standardization (CEN); 2001.
31. ГОСТ РВ 52511-2005. Боевая индивидуальная экипировка военнослужащих сухопутных войск. Общие эргономические требования: государственный военный стандарт Российской Федерации. М.: Стандартинформ; 2006.
- Combat individual equipment for ground forces. General ergonomic requirements: State Military Standard of the Russian Federation; 2006 (in Russ.).
32. Куликов А.Н., Кольбин А.А., Леонгардт Т.А. Оценка эффективности средств индивидуальной защиты органа зрения на стандартизированной экспериментальной модели открытой травмы глаза. *Клиническая патофизиология*. 2024;30(4):83–85.
- Kulikov A.N., Kol'bin A.A., Leongardt T.A. Evaluation of the efficiency of personal protection means of vision on a standardized experimental model of open eye injury. *Clinical pathophysiology*. 2024;30(4):83–85 (in Russ.).
33. Sundaramurthy A., Skotak M., Alay E. et al. Assessment of the Effectiveness of Combat Eyewear Protection Against Blast Overpressure. *J Biomech Eng*. 2018;140(7). DOI: 10.1115/1.4039823
34. Gunther P.J., Riddle M.S. Effect of combat eye protection on field of view among active-duty U.S. military personnel. *Optometry*. 2008;79(11):663–669. DOI: 10.1016/j.optm.2008.01.023
35. Breeze J., Tong D.C., Powers D. et al. Optimising ballistic facial coverage from military fragmenting munitions: a consensus statement. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2017;55(2):173–178. DOI: 10.1016/j.bjoms.2016.10.018
36. Hilber D., Mitchener T.A., Stout J. et al. Eye injury surveillance in the U.S. Department of Defense, 1996–2005. *Am J Prev Med*. 2010;38(1):78–85. DOI: 10.1016/j.amepre.2009.10.015
37. Волков В.В., Бойко Э.В., Трояновский Р.Л. и др. Об эволюции офтальмохирургической помощи в российской армии в войнах XX столетия (к 100-летию Первой мировой войны). *Офтальмология. Восточная Европа*. 2014;4:126–138.
- Volkov V.V., Boiko E.V., Troyanovskii R.L. et al. On the evolution of ophthalmosurgical care in the Russian army in the wars of the 20th century (on the 100th anniversary of the First World War). *Ophthalmology. Eastern Europe*. 2014;4:126–138 (in Russ.).
38. Prat D., Tsumi E., Madgar S. et al. Ocular injuries incurred by Israeli defense forces during low-intensity conflicts. *Injury*. 2021;52(2):292–298. DOI: 10.1016/j.injury.2020.09.041
39. Овчинников Е.А., Безруков А.Е. Обзор современной боевой экипировки военнослужащих ведущих стран блока НАТО. *Вестник Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулева*. 2016;2(6):34–40.
- Ovchinnikov E.A., Bezrukov A.E. Overview of modern combat equipment for military personnel of the leading NATO countries. *Bulletin of the Military Academy of Logistics named after General of the Army A.V. Khrulev*. 2016;2(6):34–40 (in Russ.).
40. Экипировка для «солдата будущего»: от «Ратника» до «Сотника». (Электронный ресурс.) URL: <https://rostec.ru/news/ekipirovka-dlya-soldata-budushchego-ot-ratnika-do-sotnika/> (дата обращения: 11.01.2026).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Кондратов Валерий Сергеевич — адъюнкт кафедры офтальмологии им. профессора В.В. Волкова Военно-медицинской академии; 194044, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6, литера Ж; ORCID iD 0000-0002-3728-548X

Куликов Алексей Николаевич — д.м.н., профессор, начальник кафедры офтальмологии им. профессора В.В. Волкова Военно-медицинской академии; 194044, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6, литера Ж; ORCID iD 0000-0001-7044-7578

Леонгардт Татьяна Альбертовна — к.м.н., доцент кафедры офтальмологии им. профессора В.В. Волкова Военно-медицинской академии; 194044, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6, литера Ж; ORCID iD 0000-0003-3119-8913

Контактная информация: Кондратов Валерий Сергеевич, e-mail: val.kondratov@yandex.ru

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 29.05.2026.

Поступила после рецензирования 23.06.2026.

Принята в печать 16.07.2026.

ABOUT THE AUTHORS:

Valerii S. Kondratov — adjunct (military postgraduate) of the Professor V.V. Volkov Department of Ophthalmology, Military Medical Academy; 6, letter Zh, Akademika Lebedeva str., St. Petersburg, 194044, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-3728-548X

Aleksei N. Kulikov — Dr. Sc. (Med.), Professor, Head of the Professor V.V. Volkov Department of Ophthalmology, Military Medical Academy; 6, letter Zh, Akademika Lebedeva str., St. Petersburg, 194044, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-7044-7578

Tatiana A. Leongardt — C. Sc. (Med.), Associate Professor of the Professor V.V. Volkov Department of Ophthalmology, Military Medical Academy; 6, letter Zh, Akademika Lebedeva str., St. Petersburg, 194044, Russian Federation; ORCID iD 0000-0003-3119-8913

Contact information: Valerii S. Kondratov, e-mail: val.kondratov@yandex.ru

Financial Disclosure: no authors have a financial or property interest in any material or method mentioned.

There is no conflict of interest.

Received 29.05.2026.

Revised 23.06.2026.

Accepted 16.07.2026.

КОМБИНИРОВАННАЯ ТЕРАПИЯ БАКТЕРИАЛЬНОГО КОНЪЮНКТИВИТА

УСТРАНЕНИЕ ВОСПАЛЕНИЯ¹



НЕ СОДЕРЖИТ
КОНСЕРВАНТОВ¹

1+



Глазные капли
Флакон-капельница, 5 мл



lechenieglaz.ru

МОКСИОФТАН®

Антибиотик широкого спектра действия
фторхинолонового ряда IV поколения

Моксифлоксацин 5 мг/мл

- Широкий спектр антибактериальной активности, включая кислотоустойчивые и атипичные бактерии¹
- Обладает бактерицидным действием¹
- Отсутствует перекрестная резистентность с макролидами, аминогликозидами и тетрациклинами¹
- Быстрый клинический эффект (на 5 день терапии)¹
- Средняя продолжительность терапии 7 дней¹
- Высокая проникающая способность в ткани глаза²
- Удобная схема применения: по 1 капле 3 раза в день¹
- Хорошая переносимость³
- Включен в Клинические рекомендации по конъюнктивиту⁴

УВЛАЖНЕНИЕ И РЕГЕНЕРАЦИЯ КОНЪЮНКТИВЫ⁵

ОПТИНОЛ® МЯГКОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ

Декспантенол 2%, гиалуроновая кислота 0,15%



НЕ СОДЕРЖИТ
КОНСЕРВАНТОВ⁵

- На основе физиологической для глаза гиалуроновой кислоты⁵
- Содержит декспантенол, ускоряющий заживление поверхности глаза, спровоцированное воспалением^{5,6}
- Быстро снимает симптомы «сухого глаза»^{5,6}
- Рекомендован взрослым и детям по 1-2 капли 3 раза в день⁵
- Можно использовать с любыми видами контактных линз⁵
- Длительный срок хранения после вскрытия – до 6 мес.⁵



РЗН 2019/8704 от 22.10.2025

optinol.ru



Глазные капли
Флакон с системой точного дозирования, 10 мл

1. Инструкция по применению препарата Моксифтан®

2. Robertson SM et al. Surv Ophthalmol. 2005 Nov;50 Suppl 1:S32-45/ Ocular pharmacokinetics of moxifloxacin after topical treatment of animals and humans/ Surv Ophthalmol. 2005 // Стелла М Робертсон / Фармакокинетика моксифлоксацина при офтальмологическом применении у животных и людей//Обзор офтальмологии 2005

3. Drago, L. Microorganisms 2024; 12,649. <https://www.mdpi.com/journal/microorganisms> / Драго, Л. Микроорганизмы 2024; 12,649.

4. Минздрав РФ. Клинические рекомендации. Конъюнктивиты. 2024. https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/629_2 (Дата обращения 25.04.2025)

5. Инструкция по применению Оптинол® Мягкое восстановление

6. Бржеский В.В. и др. Вестник офтальмологии. 2024;140(1):58-64.

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

Правила оформления статей, представляемых к публикации в журнал «Клиническая офтальмология»

Журнал «Клиническая офтальмология» принимает к печати оригинальные статьи и обзоры по всем разделам офтальмологии, которые ранее не были опубликованы либо приняты для публикации в других печатных и/или электронных изданиях. Все материалы, поступившие в редакцию и соответствующие требованиям настоящих правил, подвергаются рецензированию. Статьи, одобренные рецензентами и редколлегией, печатаются на безвозмездной основе для авторов. На коммерческой основе в журнале помещаются информационные и/или рекламные материалы отечественных и зарубежных рекламодателей.

Последовательность оформления статьи следующая: титульный лист, резюме, текст, библиографический список, таблицы, иллюстрации, подписи к иллюстрациям.

Титульный лист:

1. Название статьи. В названии не допускается использование сокращений, аббревиатур, а также торговых (коммерческих) названий препаратов и медицинской аппаратуры.
2. Фамилии и инициалы авторов.
3. Официальное сокращенное название учреждения/учреждений, в котором выполнялась работа. Принадлежность авторов к конкретному учреждению должна быть обозначена соответствующей цифрой.
4. Фамилия, имя, отчество и полная контактная информация автора (номер телефона и адрес электронной почты), ответственного за связь с редакцией.
5. Сведения об авторах: Ф.И.О. полностью, ученая степень, ученое звание, должность, место работы, ORCID iD.
6. Источники финансирования в форме предоставления грантов, оборудования, лекарственных препаратов или всего перечисленного, а также сообщение о возможном конфликте интересов.

Информация, описанная в пп. 1–6, дублируется на английском языке. В английских названиях учреждений не следует указывать их полный государственный статус, опустив термины: федеральное учреждение, государственное, бюджетное, образовательное, лечебное, профилактическое, коммерческое и пр.).

Резюме должно содержать не менее 250 слов для оригинальных статей и не менее 150 слов для обзоров и быть структурированным, т. е. повторять заголовки рубрик статьи: цель, методы, результаты, заключение.

Резюме к обзору литературы не структурируется.

Ниже помещаются **ключевые слова** (около 10), способствующие индексированию статьи в информационно-поисковых системах. Акцент должен быть сделан на новые и важные аспекты исследования или наблюдений.

Резюме и ключевые слова полностью дублируются на английском языке. Переводу следует уделять особое внимание, поскольку именно по нему у зарубежных коллег создается общее мнение об уровне работы. Рекомендуется пользоваться услугами профессиональных переводчиков.

Текстовая часть статьи должна быть максимально простой и ясной, без длинных исторических введений, необоснованных повторов, неологизмов и научного жаргона. Для обозначения лекарственных средств нужно использовать международные непатентованные наименования; уточнить наименование лекарства можно на сайте заменить на <http://www.grls.rosminzdrav.ru>. При изложении материала рекомендуется придерживаться следующей схемы: а) введение и цель; б) материал и методы исследования; в) результаты; г) обсуждение; д) выводы/заключение; ж) литература. Для более четкой подачи информации в больших по объему статьях необходимо ввести разделы и подзаголовки внутри каждого раздела.

Все части рукописи должны быть напечатаны через 1,5 интервала, шрифт — Times New Roman, размер шрифта — 12, объем оригинальной статьи — до 10 страниц, обзора литературы — до 15 страниц. Подписи к рисункам, названия таблиц и обозначения на рисунках и таблицах должны быть продублированы на английском языке.

Список литературы необходимо размещать в конце текстовой части рукописи и оформлять согласно стилю Vancouver (NLM). Источники в списке литературы необходимо указывать строго в порядке цитирования и нумеровать в строгом соответствии с их нумерацией в тексте статьи. Ссылку в тексте рукописи, таблицах и рисунках на литературный источник приводят в виде номера в квадратных скобках (например, [5]). Русскоязычные источники должны приводиться не только на языке оригинала (русском), но и на английском. Англоязычные источники публикуются на языке оригинала.

В список литературы следует включать статьи, преимущественно опубликованные в последние 5–10 лет в реферируемых журналах, а также монографии и патенты. Рекомендуется избегать цитирования авторефератов диссертаций, методических руководств, работ из сборников трудов и тезисов конференций. Ссылки на анонимные источники, т.е. источники, не имеющие автора или редактора (приказы, отчеты НИР, нормативные акты, инструкции к лекарственным препаратам и т.п.) следует оформлять как сноски, не внося их в список литературы.

Пример оформления ссылки на статью:

Шкурников М.Ю., Нечаев И.Н., Хаустова Н.А. и др. Экспрессионный профиль экспансионной формы рака молочной железы. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2013;155(5):619–625 [Shkurnikov M.Y., Nechaev I.N., Khaustova N.A. et al. Expression profile of inflammatory breast cancer. Bulletin of Experimental Biology and Medicine. 2013;155(5):619–625 (in Russ.)].

За правильность представленных библиографических данных автор несет ответственность.

Автор должен сохранить копии всех материалов и документов, представленных в редакцию.

Статьи, оформленные не по правилам, не рассматриваются.

Материалы для публикации в электронном виде следует направлять на адрес: article@doctormedia.ru.

Rules for preparing articles submitted for publication in “Russian Journal of Clinical Ophthalmology”

Russian Journal of Clinical Ophthalmology accepts original articles and reviews in Russian and English for all areas of ophthalmology that were not previously published or accepted for publication in other printed and/or electronic publications. All materials submitted to the editorial board and complying with the requirements of these guidelines are subject to review. Articles approved by the editors and the editorial board are printed on a fee-free basis for the authors. Information and/or promotional materials of domestic and foreign advertisers are published in the magazine on a commercial basis.

The scheme of the article is as follows: title page, abstract, text, references, tables, figures, figure captions.

Title page:

1. A title of the article. The title should not contain abbreviations, acronyms and trade (proper) names of drug products and medical equipment.
2. Last names and initials of authors.
3. Full name of an institution (s) hosting the study. Denote an author affiliation by an appropriate figure.
4. Full name and full contact information (telephone number and e-mail) of the author responsible for communication with the editorial office.
5. About the authors: full names, academic degree, academic rank, position, affiliation, and ORCID iD.
6. Funding sources (grants, equipment, drug products or all of the above). Also, please declare a potential conflict of interest.

The abstract should contain at least 250 words for original articles and at least 150 words for reviews and be structured, i.e., repeat the headings of the article: aim, methods, results, conclusion. The abstract to the literature review is not structured.

The keywords (about 10) are provided below the article, contributing to indexing the article in the information retrieval systems. The emphasis should be on new and important aspects of research or observations.

For articles in Russian the information described in Nos. 1–4 should be duplicated in English. The English names of institutions should not include their full state status, such as a federal institution, state, budgetary, educational, curative, preventive, commercial, etc.). Abstract and keywords, figure captions, table names and symbols in figures and tables should be duplicated in English. Special attention should be paid to translation, since it helps our foreign colleagues to create a general opinion about the article. It is recommended to use professional translation.

The text of the article should be simple and clear, without long historical introductions, unreasonable repetitions, neologisms and scientific jargon. To indicate the drugs the international nonproprietary names are needed. You can specify the name of the drug on the site <http://www.grls.rosminzdrav.ru>. It is recommended to adhere to the following scheme of presentation (not marking them in the text): a) the introduction and aim; b) material and methods; c) results; d) discussion e) conclusions; g) references.

For a more accurate presentation of information in large-volume articles, it is necessary to use sections and sub-headings within each section.

All parts of the manuscript should be printed in 1.5 intervals, font — Times New Roman, font size — 12, the volume of the original article — up to 10 pages, literature review — up to 15 pages. References should be placed at the end of the manuscript and printed in Vancouver style (NLM). Sources in the list of references must be strictly specified in the order of citing and numbered in strict accordance with their numbering in the text of the article. The reference in the text of the manuscript, tables and figures on the literary source should be presented in the form of numbers in square brackets (e.g., [5]). Russian sources should be cited not only in the original language (Russian), but also in English. English-language sources are published in the original language.

The list of references should include articles, mainly published in the last 5–10 years in refereed journals, monographs and patents. It is recommended to avoid theses, manuals, works from the collections of papers, proceedings of the conference. Links to anonymous sources (without author or editor), such as orders, research reports, regulations, instructions for medicines, etc. should be formatted as footnotes not including them to references.

For example:

Realini T., Gurka M.J., Weinreb R.N. Reproducibility of Central Corneal Thickness Measurements in Healthy and Glaucomatous Eyes. J Glaucoma. 2017;26(9):787–791. DOI: 10.1097/JG.0000000000000738.

The author is solely responsible for the accuracy of the information contained in the list of references.

The author should keep a copy of all materials and documents submitted to the editorial office.

Articles drawn up without taking into account the above requirements are not considered.

Materials for publication in electronic form should be sent to: article@doctormedia.ru.



СВЕЖИЙ ПОДХОД

сайт для практикующих
врачей

www.RMJ.ru

Полные тексты статей по заболеваниям всех
органов и систем у детей и взрослых.

Сохраняйте заинтересовавшие вас материалы
в разделе «Избранное» после регистрации
в личном кабинете!