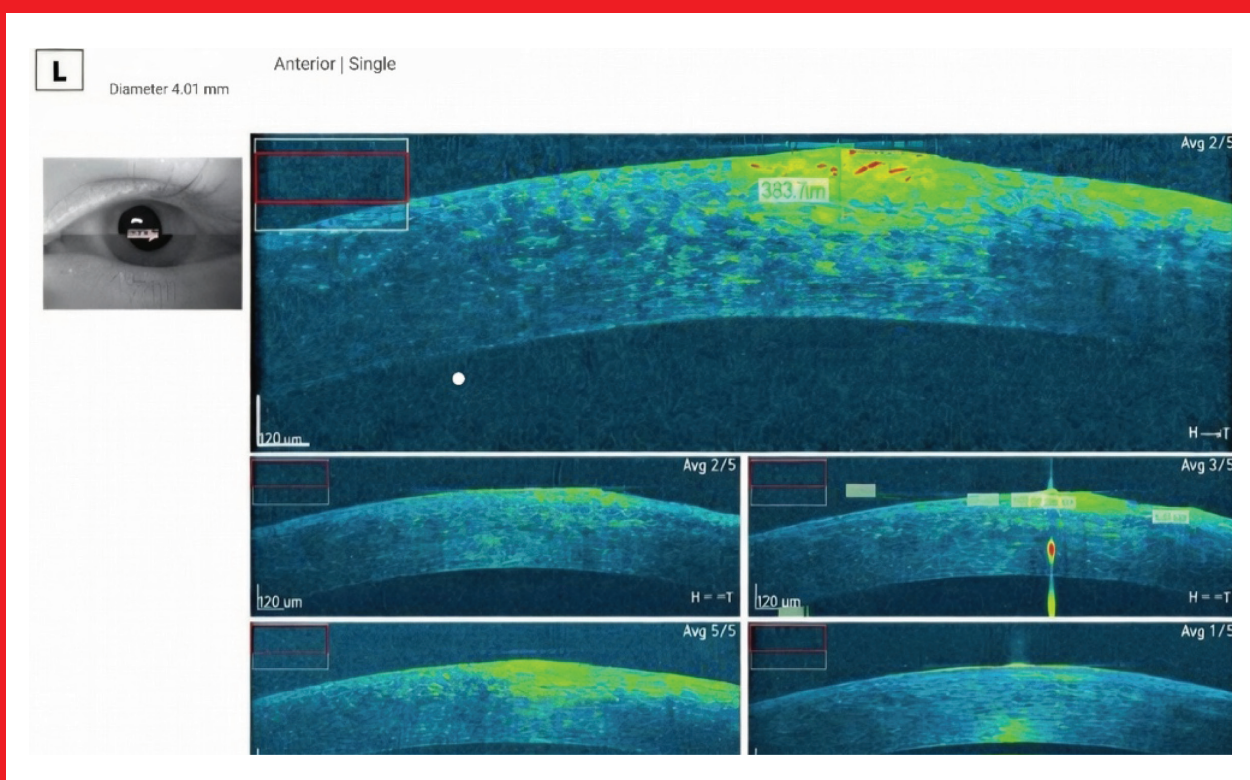


ОФТАЛЬМОЛОГИЯ OPHTHALMOLOGY **IN RUSSIA**

Volume 23, Number 1 (March), 2026

Том 23, номер 1 (март), 2026 год



*Узловая дегенерация Зальцмана у подростка. ОКТ
Salzmann's nodular degeneration in an adolescent. OCT (p. 160)*



ЛЕЧЕНИЕ ГЛАУКОМЫ

Северная
ЗВЕЗДА
Нам доверяют!

КОМБИНИРОВАННЫЕ ПРЕПАРАТЫ



Бримонидин +
Тимолол



Дорзоламид +
Тимолол



Биматопрост +
Тимолол

МОНОПРЕПАРАТЫ



Бримонидин



Дорзоламид



Латанопрост



Биматопрост



Бетаксолोल



Бримонидин



Дорзоламид



Латанопрост



ns03.ru



ИМЕЮТСЯ ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ. НЕОБХОДИМО ПРОКОНСУЛЬТИРОВАТЬСЯ СО СПЕЦИАЛИСТОМ

реклама

ОФТАЛЬМОЛОГИЯ OPHTHALMOLOGY

Том 23, номер 1, 2026

Volume 23, Number 1, 2026

Свидетельство о регистрации средства массовой информации в Государственном комитете РФ по делам печати ПИ №77-1782 от 27.01.2004.

Научно-практический журнал «Офтальмология» издается с 2004 года.

ISSN 1816-5095 (print), ISSN 2500-0845 (online).

В журнале публикуются оригинальные научные статьи, обзоры по всем аспектам клинической и экспериментальной офтальмологии.

Периодичность издания 4 номера в год.

Тираж 1000 экземпляров.

Адрес редакции, издателя:

121609 Москва, Рублевское шоссе, 48/1

Журнал входит в перечень периодических научных изданий РФ, рекомендованных ВАК для публикации основных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук.

Журнал индексируется базой данных Scopus. Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). Журнал реферировается и вводится в базу данных ВИНИТИ РАН, DOAJ, EBSCO, RNMJ.

Охраняется законом РФ №5351-1 «Об авторском праве и смежных правах» от 9 июля 1993 года. Контент распространяется под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License. Нарушение закона будет преследоваться в судебном порядке.

Научный редактор:

к.м.н. Т.Н. Вазило, тел. +7 (916) 5402914

Реклама и распространение:

д.м.н., профессор Е.Г. Полунина, генеральный директор издательской группы журнала «Офтальмология», тел. +7 (916) 6329974, e-mail: visus-novus@mail.ru

ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛ «ОФТАЛЬМОЛОГИЯ»

Подписку на журнал «Офтальмология» можно оформить в интернет-каталоге www.pressa-rg.ru и www.akc.ru или

через ГК Урал-Пресс, связавшись с отделом подписки по электронной почте/телефону. Подписной индекс — 84205

Свободная цена

Статьи публикуются в полнотекстовом варианте на сайте журнала

<http://www.ophtalmojournal.com>,

а при наличии перевода статьи авторами (или редакцией) на английский язык она может быть также размещена на сайте журнала.

Отпечатано в ООО «Издательство "Триада"»:

пр-т Чайковского, 9, оф. 514, Тверь, 170034,

Российская Федерация.

Выход в свет: 27.03.2026.

© Оформление, составление, редактирование.
Журнал «ОФТАЛЬМОЛОГИЯ»

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор

Трубилин Владимир Николаевич — д.м.н., профессор, руководитель Центра офтальмологии ФМБА России, заведующий кафедрой офтальмологии Академии постдипломного образования ФГБУ «ФНКЦ ФМБА России», Москва, Россия

Учредитель/издатель

Куренков Вячеслав Владимирович — д.м.н., профессор, директор офтальмологической клиники доктора Куренкова, Москва, Россия

Заместитель главного редактора

Дементьев Дмитрий Давидович — медицинский директор Международного офтальмологического центра, Москва, Россия

Генеральный директор издательской группы журнала

Полунина Елизавета Геннадьевна — д.м.н., профессор кафедры офтальмологии Академии постдипломного образования ФГБУ «ФНКЦ ФМБА России», Москва, Россия

Редакционный совет

Аветисов Сергей Эдуардович — д.м.н., профессор, академик РАН, член-корреспондент РАЕН, научный руководитель ФГБНУ «НИИ глазных болезней» РАН, заведующий кафедрой глазных болезней Первого Московского государственного медицинского университета имени И.М. Сеченова, Москва, Россия

Бровкина Алевтина Федоровна — д.м.н., академик РАН, профессор кафедры офтальмологии с курсом детской офтальмологии Российской государственной медицинской академии последипломного образования, Москва, Россия

Егоров Евгений Алексеевич — д.м.н., профессор, член-корреспондент РАЕН, профессор кафедры офтальмологии Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия

Корниловский Игорь Михайлович — д.м.н., профессор кафедры глазных болезней института усовершенствования врачей Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия

Курышева Наталия Ивановна — д.м.н., профессор, заведующая кафедрой глазных болезней МБУ ФМБА России, заведующая консультативно-диагностическим отделением Центра офтальмологии ФМБА России, Москва, Россия

Малюгин Борис Эдуардович — д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН, заведующий кафедрой заболеваний роговицы глазного института Штейна и медицинской школы Дэвида Геффена

Мамиконян Вардан Рафаелович — д.м.н., профессор, зав. отделением офтальмологии медицинского научно-образовательного центра МГУ им. М.В. Ломоносова

Маркова Елена Юрьевна — д.м.н., профессор кафедры глазных болезней, ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России, Москва, Россия

Медведев Игорь Борисович — д.м.н., профессор, заведующий кафедрой офтальмологии факультета усовершенствования врачей Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия

Мошетьева Лариса Константиновна — д.м.н., профессор, академик РАН, Российская медицинская академия последипломного образования Минздрава России, Москва, Россия

Нероев Владимир Владимирович — д.м.н., профессор, академик РАН, директор Национального медицинского исследовательского центра глазных болезней имени Гельмгольца, Москва, Россия

Овечкин Игорь Геннадьевич — д.м.н., профессор кафедры офтальмологии Академии постдипломного образования ФГБУ «ФНКЦ ФМБА России», Москва, Россия

Пивоваров Николай Николаевич — д.м.н., профессор кафедры офтальмологии Российской медицинской академии последипломного образования, Москва, Россия

Иностранные члены редакционной коллегии

Двали Мераб Леонидович — д.м.н., профессор, заведующий кафедрой офтальмологии Тбилисского государственного медицинского университета (ТГМУ), Тбилиси, Грузия

Иоаннис Палликарис — доктор наук, профессор, руководитель отделения офтальмологии Университета Крита, Крит, Греция

Маттео Пиовелла — доктор наук, научный директор Центра амбулаторной хирургии, Монца, Италия

Кеннет Хоффер — доктор наук, профессор Калифорнийского университета, Лос-Анджелес, США

Жайро Е. Хойос — д.м.н., директор Института офтальмологии Хойоса, Сабадель, Испания

Игорь Соломатин — д.м.н., профессор, главный специалист Глазного центра доктора Соломатина (Латвия), ассоциированный профессор Латвийского университета, Рига, Латвия

ОФТАЛЬМОЛОГИЯ OPHTHALMOLOGY

Том 23, номер 1, 2026

Volume 23, Number 1, 2026

© Compilation, design, editing.
"Ophthalmology in Russia"

Registered at the Federal Service for Surveillance of Communications, Information Technologies and Mass Media under the number

ПИ №77-1782, 27.01.2004.

"Ophthalmology in Russia" is quarterly Scientific and Practical Journal published since 2004.

ISSN 1816-5095 (print),

ISSN 2500-0845 (online).

Journal publishes original articles and reviews on all aspects of applied and experimental ophthalmology.

Circulation: 1000 copies.

Editorial Office, Publisher:

Rublevskoye Shosse, 48/1, Moscow, 121609, Russian Federation.

The Journal is included into the Higher Attestation Commission (HAC) list of periodicals (the list of leading peer-reviewed scientific journals recommended for publishing the basic research results of doctor and candidate theses).

Journal is indexed by Scopus. Journal is included into Russian Science Citation Index (RSCI), VINITI, Russian Academy of Science database, DOAJ, EBSCO, RNMJ.

Protected by the Russian Federal Law RF №5351-1 "On author and Related Rights" dated July 9, 1993. Content is distributed under Creative Commons Attribution 4.0 License. Violations are a matter for prosecution.

Scientific Editor:

T. Vazilo, PhD, Phone: +7 (916) 5402914

Advertising and Distribution:

E. Polunina, MD, Director General of "Ophthalmology in Russia" Editorial Group, Phone: +7 (916) 6329974, e-mail: visus-novus@mail.ru

You can subscribe to the journal "Ophthalmology in Russia" in the Internet catalog www.pressa-ru.ru and www.akc.ru or via Ural-Press Group of Companies, by contacting the subscription department by e-mail / phone. Subscription index 84205 Price: Flexible.

Full-text articles are published at the official Journal web-site and free of charge — <http://www.ophtalmojournal.com>, English full-texts are also available if any article is translated by authors or Editorial Office.

Printed by Publishing House Triada, Ltd.
Address: 9, office 514, Tchaikovsky ave., Tver, 170034, Russian Federation.
Publication date: March 27, 2026.

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief

Vladimir N. Trubilin — PhD, MD, Professor, Academy of postgraduate education under FSBU FSCC of FMBA of Russia, Head of the Ophthalmology Department, Moscow, Russia

Founder/Publisher

Vyacheslav V. Kurenkov — PhD, MD, Chief of Ophthalmology Clinic, Professor, Moscow, Russia

Deputy Editor-in-chief

Dmitry D. Dementyev — MD, International Ophthalmologic Center, Medical Director, Moscow, Russia

Executive director of Ophthalmology publishing group

Elizabeth G. Polunina — PhD, MD, Academy of postgraduate education under FSBU FSCC of FMBA of Russia, Department of Ophthalmology, Professor, Moscow, Russia

Editorial council

Sergei E. Avetisov — PhD, MD, Professor, Academician of Russian Academy of Science, Institute of Eye Diseases, Director on Science, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Department of Ophthalmology, Chief, Moscow, Russia

Alevtina F. Brovkina — PhD, MD, Academician of Russian Academy of Science, Department of Ophthalmology, Russian State Medical Academy of Postgraduate Medical Education, Professor, Moscow, Russia

Evgeny A. Egorov — PhD, MD, Professor, Russian Academy of Medical Education, Department of Ophthalmology, Moscow, Russia

Igor M. Kornilovsky — PhD, MD, Professor, Russian Academy of Postgraduate Medical Education, Department of Ophthalmology, National Medicine-surgery Center of N.I. Pirogov, Clinic of Ophthalmology, Moscow, Russia

Natalia I. Kuryшева — PhD, MD, Professor, Head of the Eye Diseases Department FMBA of Russia, Head of the Consultative and Diagnostic Department of the Ophthalmology Center of the Federal Medical and Biological Agency of Russia, Moscow, Russia

Boris E. Malyugin — PhD, MD, Professor of Ophthalmology, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Chair in Cornea Disease The Stein Eye Institute, David Geffen School

Vardan R. Mamikonyan — PhD, MD, Professor, Head of the Ophthalmology Department Medical Scientific and Educational Center of Moscow State University M.V. Lomonosov, Director, Moscow, Russia

Elena Yu. Markova — MD, Professor of the Department of Eye Diseases, Russian University of Medicine, Moscow, Russia

Igor B. Medvedev — PhD, MD, Professor, International Center of Health Protection, Advisor to Director General, Russian Academy of Medical Education, Department of Postgraduate Medical Education (Ophthalmology), Chief, Moscow, Russia

Larisa K. Moshetova — PhD, MD, Professor, Academician of Russian Academy of Science, Russian Academy of Postgraduate Medical Education, Moscow, Russia

Vladimir V. Neroev — PhD, MD, Academician of Russian Academy of Science, Professor, Helmholtz National Medical Center of Eye diseases, Director, Moscow, Russia

Igor G. Ovechkin — PhD, MD, Professor, Academy of postgraduate education under FSBU FSCC of FMBA of Russia, Consulting and Diagnostic Department, Chief, Moscow, Russia

Nikolay N. Pivovarov — PhD, MD, Adjunct Professor, Department of Ophthalmology, Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Moscow, Russia

Merab Dvali — PhD, MD, Professor, Head of Ophthalmology Department of Tbilisi State Medical University, Tbilisi, Georgia

Ioannis G. Pallikaris — MD, Professor of Ophthalmology, Director of the Vardinoyannion Eye Institute of Crete (VEIC, 1989) and Institute of Vision and Optics (IVO, 2005), Director of the Eye Clinic of the University Hospital of Heraklion, Chairman of the Department of Ophthalmology at the University of Crete, Crete, Greece

Matteo Piovella — MD, Scientific Director of CMA Outpatient Microsurgery Center, Monza, Italy. President of the Italian Society of Ophthalmology (SOI), Member of American Academy of Ophthalmology, Monza, Italy

Igor Solomatin — PhD, MD, Leading Expert of Dr. Solomatin Eye Center, Adjunct Professor of University of Latvia, Riga, Latvia

Kenneth Hoffer — MD, Clinical Professor of UCLA, St. John's Health Center and UCLA Medical Center Santa Monica, California, USA

Jairo E. Hoyos — MD, Director of Instituto Oftalmológico, Barcelona, Spain

ОФТАЛЬМОЛОГИЯ OPHTHALMOLOGY

IN RUSSIA

Том 23, номер 1, 2026

Volume 23, Number 1, 2026

ОБЗОРЫ

Р.С. Жазыбаев, А.Л. Жиров Болезнь Штаргардта. Обзор литературы	7
А.О. Укина, Е.Б. Мякошина Искусственный интеллект: аспекты применения в офтальмологии. Ч. 1	14

КЛИНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В.Н. Трубилин, Е.Г. Полунина, А.В. Трубилин, Е.В. Кечин, Е.А. Каспарова, А.В. Филоненко, Ю.В. Евстигнеева, К.В. Ластовская (Чиненова), Т.А. Привезенцева Факторы риска рецидивирования ячменя или халязиона: междисциплинарный взгляд на проблему	22
К.Б. Першин, Н.Ф. Пашинова, А.Ю. Цыганков, И.В. Косова Новая рефракционная интраокулярная линза с расширенной глубиной фокуса: первый опыт имплантации	33
В.Ю. Скворцов, А.Н. Куликов, Д.В. Тулин Трансклеральная лазерная циклотермотерапия в лечении первичной открытоугольной глаукомы: предикторы эффективности	40
Е.В. Архипов, С.В. Кузьмин, О.И. Розанова Безопасность и эффективность склерокорнеальной фиксации торической интраокулярной линзы при отсутствии капсульной поддержки и авитрии	45
Д.Ф. Белов, Т.Ю. Куликаева, В.П. Николаенко Оптимизация а-констант модельного ряда интраокулярных линз на платформе Clareon®	53
С.П. Иванова, Д.В. Давыдов, М.В. Сергеев Врожденный блефароптоз: влияние коморбидной патологии на результаты хирургического лечения	59
Т.Н. Юрьева, Ю.М. Коняева, Т.Н. Евдокевич, И.М. Михалевич Инструментальная оценка эмульгирования силиконового масла и его топографического распределения у пациентов с длительной тампонадой витреальной полости и силикон-индуцированной глаукомой	65
С.Б. Измайлова, Б.Э. Малогин, З.М. Исмаилова, М.Р. Таевере, И.А. Захарова, С.Ю. Калининкова Морфологические особенности роговицы у пациентов с начальным кератоконусом после одномоментной фоторефракционной кератэктомии и кроссликинга роговичного коллагена. Часть 1. Анализ клеточной структуры и суббазального нервного сплетения роговицы	74
Р.Р. Ямгутдинов, Т.Р. Мухаммадеев, Р.Т. Мухаммадеева, Д.А. Урумов Оценка влияния продолжительности эндоиллюминации на функциональные результаты и безопасность витреоретинальной хирургии	84
В.В. Нероев, В.И. Котелин, М.В. Зуева, О.М. Манько, Т.Н. Киселева, А.М. Алескеров, Д.В. Фадеев, Д.Ю. Колесников, К.А. Рамазанова Изменения электроретинограммы у экипажа 12-месячного изоляционного эксперимента SIRIUS-23	91
В.Н. Трубилин, Е.Г. Полунина, А.В. Трубилин, Е.В. Кечин, Д.В. Анджелова, А.В. Филоненко, Т.А. Привезенцева Ячмень или халязион? Дифференциально-диагностические критерии	101
Г.М. Чернакова, Г.Ш. Аржиматова, Е.А. Клещева, А.С. Чернаков Микробный пейзаж при герпетических кератитах у пациентов, перенесших коронавирусную инфекцию	109
Э.Ф. Шайхутдинова, Т.Р. Мухаммадеев, Р.Р. Ахмадеев Цифровая аккомодационная астенения. Результаты скринингового исследования субъективных проявлений многомерной психометрической шкалой в режиме онлайн. Сообщение 1	117
Н.М. Агарков, А.Е. Копылов Нарушение зрения как фактор риска саркопенического ожирения	123
М.А. Фролов, И.В. Воробьева, А.М. Фролов, Н.А. Супонева, Д.А. Семина, Л.В. Якубовский, Э. Сабих, К.Х.К. Маала, Г.Л. Григорян, С.А. Бокарев Пупиллометрия при заболеваниях сетчатки и зрительного нерва	129
Е.С. Макаревич, Г.А. Федяшев, М.П. Ручкин Особенности оптической когерентной томографии макулярной области у пациентов с миопией высокой степени	140
Д.А. Мягков, В.И. Чудинова Влияние очковой коррекции с линзами дефокусного дизайна на прогрессирование миопии у детей и подростков	150

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

Е.Ю. Маркова, Н.А. Гаврилова, А.А. Постольник, Н.Ф. Дидакунан, М.М. Яхьяева Клинический случай узловой дегенерации Зальцмана у пациента подросткового возраста	157
С.Ю. Петров, Т.Н. Киселева, К.А. Рамазанова, А.В. Старостина, О.И. Маркелова Случай экссудативной отслойки сетчатки после антиглаукомной операции фистулизирующего типа у пациента с синдромом Стерджа — Вебера	163
С.В. Янченко, И.И. Абдурахмонова, А.В. Малышев, Е.Н. Хаирова, Ш.Ж. Тешаев, С.С. Давлатов Возможности ретинопротекторной терапии: серия клинических примеров	169

В ПОМОЩЬ ПРАКТИЧЕСКОМУ ВРАЧУ

Н.А. Саховская, М.А. Фролов, К.А. Казакова, В.С. Лучин, И.В. Воробьева, Е.С. Беляева, А.М. Фролов Поливитамины и полиненасыщенные жирные кислоты в терапии синдрома сухого глаза	178
---	-----

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

А.А. Долбилкин, Т.Н. Юрьева, Е.А. Лозовская, С.Б. Никифоров, А.В. Григорьева, Д.Ю. Самсонов Оптические и морфометрические характеристики роговицы и передней камеры глаза кроликов породы советская шиншилла	186
В.Ю. Скворцов, А.Н. Куликов, Д.В. Тулин Оптимизация метода трансклеральной лазерной циклотермотерапии (экспериментальное исследование)	195

РАБОТЫ МОЛОДЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ

А.М. Чебенова, Д.И. Ялакова, Н.В. Корсакова

Использование искусственного интеллекта в офтальмологической практике

199**ЮБИЛЕЙ**

Давыдов Дмитрий Викторович (к 60-летию со дня рождения)

207

ОФТАЛЬМОЛОГИЯ OPHTHALMOLOGY

IN RUSSIA

Том 23, номер 1, 2026

Volume 23, Number 1, 2026

OVERVIEW

R.S. Zhazybaev, A.L. Zhirov Stargardt Disease. Literature review	7
A.O. Ukina, E.B. Myakoshina Artificial Intelligence: Applications in Ophthalmology. Part 1	14

CLINICAL STUDIES

V.N. Trubilin, E.G. Polunina, A.V. Trubilin, E.V. Kechin, E.A. Kasparova, A.V. Filonenko, Yu.V. Evstigneeva, K.V. Lastovskaya (Chinenova) Risk Factors for Recurrence of Barley or Chalazion: an Interdisciplinary Approach to the Problem	22
K.B. Pershin, N.F. Pashinova, A.Yu. Tsygankov, I.V. Kosova A New Refractive Intraocular Lens with Extended Depth of Focus: the First Implantation experience	33
V.Yu. Skvortsov, A.N. Kulikov, D.V. Tulin Transscleral Laser Cyclothermotherapy in the Treatment of Primary Open-angle Glaucoma: Predictors of Effectiveness	40
E.V. Arkhipov, S.V. Kuzmin, O.I. Rozanova Safety and Efficacy of Toric Intraocular Lens Sclerocorneal Fixation in the Absence of Capsular Support and Avitria	45
D.F. Belov, T.Yu. Kulikaeva, V.P. Nikolaenko A-constants Optimization for Intraocular Lenses on the Clareon® platform	53
S.P. Ivanova, D.D. Davydov, M.V. Sergeev Congenital Blepharoptosis: The Influence of Comorbid Pathology on the Results of Surgical Treatment	59
T.N. Yurieva, I.M. Koniaeva, I.M. Mihalevich, T.N. Evdokevich Instrumental Assessment of Silicone Oil Emulsification and its Topographic Distribution in Patients with Prolonged Tamponade of the Vitreous Cavity and Silicone-induced glaucoma	65
S.B. Izmailova, B.E. Malyugin, Z.M. Ismailova, M.R. Taevere, I.A. Zakharova, S.Yu. Kalinnikova Morphological Features of the Cornea in Patients with Initial Keratoconus after Simultaneous Photorefractive Keratectomy and Corneal Collagen Crosslinking. Part 1. Analysis of the Cellular Structure and Sub-basal Nerve Plexus of the Cornea	74
R.R. Yamgutdinov, T.R. Mukhamadeev, R.T. Mukhamadeeva, D.A. Urumov Evaluation of the Impact of Endoillumination Duration on Functional Outcomes and Safety in Vitreoretinal Surgery	84
V.V. Neroev, V.I. Kotelin, M.V. Zueva, O.M. Manko, T.N. Kiseleva, A.M. Aleskerov, D.V. Fadeev, D.Yu. Kolesnikov, K.A. Ramazanov Electroretinogram Changes in the Crew of the 12-month Isolation Experiment SIRIUS-23	91
V.N. Trubilin, E.G. Polunina, A.V. Trubilin, E.V. Kechin, D.V. Andzhelova, A.V. Filonenko, T.A. Privezentseva Stye or Chalazion? Differential Diagnostic	101
G.M. Chernakova, G.Sh. Arzhimatova, E.A. Kleshcheva, A.S. Chernakov Microbial Landscape in Herpetic Keratitis in Patients with Coronavirus Infection	109
E.F. Shaykhutdinova, T.R. Mukhamadeev, R.R. Ahmadeev Digital Accommodative Asthenopia. Results of the Screening Study of Subjective Manifestations of a Multidimensional Psychometric Scale in On-line Mode. Message 1	117
N.M. Agarkov, A.E. Kopylov Visual Impairment as a Risk Factor for Sarcopenic Obesity	123
M.A. Frolov, I.V. Vorobyova, A.M. Frolov, N.A. Suponeva, D.A. Semina, L.V. Yakubovsky, E. Sabih, K.H.K. Maala, G.L. Grigoryan, S.A. Bokarev Pupillometry in Diseases of the Retina and Optic Nerve	129
E.S. Makarevich, G.A. Fedyashev, M.P. Ruchkin Features of Optical Coherence Tomography of the Macular Region in Patients with High Myopia	140
D.A. Myagkov, V.I. Chudinova The Effect of Eyeglass Correction with Defocus Design Lenses on the Progression of Myopia in Children and Adolescents	150

CLINICAL CASE

E.Yu. Markova, N.A. Gavrilova, A.A. Postol'nik, N.F. Didakunan, M.M. Yakh'yayeva Salzmann Nodular Degeneration in an Adolescent Patient: A Clinical Case	157
S.Yu. Petrov, T.N. Kiseleva, K.A. Ramazanov, A.V. Starostina, O.I. Markelova A case of Exudative Retinal Detachment after Fistulizing Antiglaucoma Surgery in a Patient with Sturge — Weber Syndrome	163
S.V. Yanchenko, I.I. Abdurakhmonova, A.V. Malyshev, E.N. Khairova, Sh.Zh. Teshayev, S.S. Davlatov Retinoprotective Therapy Possibilities: A Cases Series	169

TIPS FOR OPHTHALMOLOGIST

N.A. Sakhovskaya, M.A. Frolov, K.A. Kazakova, V.S. Luchin, I.V. Vorobyeva, E.S. Belyaeva, A.M. Frolov Multivitamins and Polyunsaturated Fatty Acids in the Treatment of Dry Eye Syndrome	178
---	-----

EXPERIMENTAL RESEARCH

A.A. Dolbilkin, T.N. Iureva, Ye.A. Lozovskaya, S.B. Nikiforov, A.V. Grigorieva, D.Yu. Samsonov Optical and Morphometric Characteristics of the Cornea and Anterior Chamber of the Eye of Soviet Chinchilla Rabbits	186
V.Yu. Skvortsov, A.N. Kulikov, D.V. Tulin Optimization of Transscleral Laser Cyclothermotherapy Method (experimental study)	195

ARTICLES BY YOUNG AUTHORS

A.M. Chebenova, D.I. Yalakova, N.V. Korsakova
The use of Artificial Intelligence in Ophthalmological Practice

199

ANNIVERSARY

Davydov Dmitry Viktorovich (on the 60th anniversary of his birth)

207

Болезнь Штаргардта. Обзор литературы



Р.С. Жазыбаев



А.Л. Жиров

Хабаровский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. Тихоокеанская, 211, Хабаровск, 680033, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2026;23(1):7–13

Данный обзор литературы посвящен наиболее распространенному наследственному заболеванию сетчатки, а именно болезни Штаргардта. В работе приведены сведения, касающиеся эпидемиологии, молекулярной генетики, патофизиологии данного заболевания. Подробно описаны клинические формы болезни Штаргардта. Отдельное внимание уделено мультимодальному подходу с использованием современных методов визуализации, таких как оптическая когерентная томография сетчатки, исследование аутофлуоресценции, позволяющих проводить дифференциальную диагностику с такими заболеваниями, как паттерн-дистрофии сетчатки, аутосомно-доминантные штаргардтоподобные макулярные дистрофии STGD3 и STGD4, нейрональный цероидный липофусциноз. В статье представлена информация о потенциальных методах лечения пациентов с болезнью Штаргардта, направленных либо на уменьшение накопления липофусцина в клетках пигментного эпителия сетчатки, либо на доставку в глаз нормального гена ABCA4.

Ключевые слова: болезнь Штаргардта, наследственные дистрофии сетчатки, ген ABCA4, офтальмоскопия, оптическая когерентная томография, желтопятнистое глазное дно

Для цитирования: Жазыбаев Р.С., Жиров А.Л. Болезнь Штаргардта. Обзор литературы. *Офтальмология*. 2026;23(1):7–13. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-7-13>

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

Конфликт интересов отсутствует.

Stargardt Disease. Literature review

R.S. Zhazybaev, A.L. Zhiron

The Khabarovsk Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Tikhookeanskaya str., 211, Khabarovsk, 680033, Russia

ABSTRACT

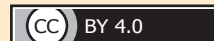
Ophthalmology in Russia. 2026;23(1):7–13

This literature review is devoted to the most common hereditary disease of the retina, called Stargardt disease. The work provides information on the epidemiology, molecular genetics, and pathophysiology of this disease. Clinical forms of Stargardt disease are described in details. Special attention is paid to a multimodal approach using modern visualization methods, such as retinal optical coherence tomography, autofluorescence study, which allow differential diagnostics with diseases such as retinal pattern dystrophies, autosomal dominant Stargardt-like macular dystrophies STGD3 and STGD4, neuronal ceroid lipofuscinosis. The article presents information on potential treatment methods for patients with Stargardt disease aimed at either reducing lipofuscin accumulation in retinal pigment epithelium cells or delivering the normal ABCA4 gene to the eye.

Keywords: Stargardt disease, hereditary retinal dystrophies, ABCA4 gene, ophthalmoscopy, optical coherence tomography, yellow spotted fundus

For citation: Zhazybaev R.S., Zhiron A.L. Stargardt Disease. Literature review. *Ophthalmology in Russia*. 2026;23(1):7–13. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-7-13>

Financial Disclosure: no author has a financial or property interests in any material or method mentioned.
There is no conflict of interests.



R.S. Zhazybaev, A.L. Zhiron

Contact information: Zhazybaev Ruslan S. naukakhvmtk@mail.ru

Stargardt Disease. Literature review

Болезнь Штаргардта (БШ), или STGD1, является частью гетерогенной группы наследственных дистрофий сетчатки. Заболевание впервые было описано немецким офтальмологом Карлом Штаргардтом в 1909 г. [1].

БШ — наиболее распространенное наследственное заболевание сетчатки с частотой встречаемости 1:8000–1:10 000 населения [2]. Мужчины и женщины болеют с одинаковой частотой.

БШ является аутосомно-рецессивным или компаунд-гетерозиготным заболеванием и связано с мутациями в гене ABCA4 (короткое плечо хромосомы 1), который характеризуется высокой аллельной гетерогенностью и включает в себя 50 экзонов общим размером 150 Кб [3]. Наиболее частые аллели, связанные с БШ, а именно G1961E, G863A/delG863 и A1038V, встречаются всего у 10 % пациентов, что вызывает сложности генетической диагностики. Более 1200 различных мутаций в гене ABCA4 обуславливают широкое фенотипическое разнообразие БШ [4]. Помимо этого, известно более 1000 мутаций гена ABCA4, связанных с другими заболеваниями сетчатки, начиная с возрастной макулярной дегенерации (ВМД) и заканчивая пигментным ретинитом (ПР) [5].

ПАТОФИЗИОЛОГИЯ

Ген ABCA4 кодирует АТФ-зависимый трансмембранный переносчик из семейства ABC-белков — (АТФ)-binding cassette transporter A4, состоящий из 2273 аминокислот. АТФ-зависимый переносчик ABCA4 экспрессируется в мембранах дисков наружных сегментов палочек и колбочек и участвует в обмене 11-цис-ретинала, а именно в транспорте N-ретиноилден-фосфатидилэтаноламина (N-ретиноилден-РЕ). При БШ АТФ-зависимый переносчик ABCA4 не способен транспортировать N-ретиноилден-РЕ через мембраны дисков наружных сегментов фоторецепторов, что приводит к его накоплению. N-ретиноилден-РЕ соединяется с транс-ретиналом, образуя промежуточный продукт — ди-ретиноид-пиридиний-фосфатидилэтаноламин (A2PE). В результате обновления фоторецепторов их наружные сегменты захватываются клетками пигментного эпителия сетчатки (ПЭС), где A2PE преобразуется в ди-ретиноид-пиридиний-этаноламин (A2E) — димер витамина А, являющийся основным компонентом липофусцина, который накапливается в ПЭС из-за устойчивости к дальнейшей лизосомальной фагоцитарной деградации [6].

Прогрессирующее накопление A2E в клетках ПЭС в виде отложений липофусцина, превышающих норму в 5 раз и выше, является гистологическим признаком БШ [7]. A2E нарушает нормальную архитектуру клеточной мембраны и подавляет нормальные метаболические функции ПЭС. Кроме того, в присутствии кислорода и сильного света он образует свободные эпоксидные радикалы, вызывающие гибель ПЭС. Разрушенный ПЭС приводит к необратимой дегенерации фоторецепторов и, как следствие, прогрессирующему снижению зрения [8].

Параллельно с этим транс-ретиналь также будет накапливаться, и при его избытке он будет повторно связываться с опсином, образуя комплекс, активирующий зрительный каскад, хоть и менее эффективно, чем фотоактивированный родопсин. Низкий уровень активности образуемого комплекса может быть объяснением длительной темновой адаптации, наблюдаемой у пациентов с БШ.

КЛИНИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ

Как правило, БШ проявляется в первые 20 лет жизни, хотя симптомы могут появиться и позже, даже после 70 лет. В зависимости от возраста дебюта выделяют 3 клинические формы БШ [9]:

1. Болезнь Штаргардта с ранним началом (Early-Onset Stargardt).

Средний возраст дебюта заболевания — 7 лет. Для всех пациентов характерно быстрое снижение остроты зрения, регистрируемое уже на первом визите к офтальмологу. В то же время при офтальмоскопии может быть не обнаружено никакой патологии либо определяются незначительные изменения ПЭС. Тяжесть снижения зрения не всегда коррелирует с состоянием сетчатки, так как характерные для БШ признаки, такие как желто-белые пятна и центральная атрофия, появляются после начала функциональных изменений. Пятна с течением времени могут распространяться за пределы сосудистых аркад. Кроме того, атрофия ПЭС имеет тенденцию к центробежному распространению и не ограничивается макулой. В итоге прогрессирующая дегенерация сетчатки приводит к ее глубокой атрофии, и желто-белые пятна можно увидеть только на крайней периферии.

Для диагностики БШ с ранним началом необходимы дополнительные инструментальные и генетические обследования [10]. Утолщение наружной пограничной мембраны, по данным оптической когерентной томографии (ОКТ) сетчатки, считается ранним признаком, предшествующим функциональным изменениям, и отражает глиоз на уровне фоторецепторов как ответ на клеточный стресс [11].

При исследовании аутофлюоресценции (АФ) отмечаются атрофические изменения в фовеа, иногда по типу «бычьего глаза», в виде гипоаутофлюоресценции, окруженной гипераутофлюоресцентным кольцом и/или очень мелкими гипераутофлюоресцентными пятнами. Гипераутофлюоресценция может предшествовать выраженным атрофическим изменениям.

«Молчащая хориоидея» при флюоресцентной ангиографии (ФАГ) наблюдается примерно у 75 % пациентов.

Снижение центральной чувствительности при мультифокальной электроретинографии (ЭРГ) указывает на раннюю фовеальную дисфункцию. Полнопольная ЭРГ может быть неинформативной.

2. Болезнь Штаргардта с промежуточным началом (Intermediate-Onset Stargardt).

Средний возраст начала заболевания составляет 23 года, характерно легкое или умеренное снижение

центрального зрения. При офтальмоскопии типичным проявлением являются желто-белые пятна, локализующиеся по всей площади сетчатки (*fundus flavimaculatus*) или ограниченные задним полюсом с атрофией макулы.

Фокальная потеря фоторецепторов в центральной зоне сетчатки проявляется на ОКТ как дефекты внутреннего контура эллипсоидной зоны. В дальнейшем эти дефекты могут сливаться, образуя щель на уровне фоторецепторов, а также атрофию ПЭС [12].

При исследовании АФ глазного дна визуализируются гиперавтофлуоресцентные пятна, соответствующие желто-белым пятнам при офтальмоскопии. Центральная атрофия сетчатки выглядит как зона гипоавтофлуоресценции.

«Молчащая хориоидея» при ФАГ наблюдается у 80 % пациентов.

Желто-белые пятна и атрофия ПЭС со временем распространяются по направлению от макулы к периферии, однако эта прогрессия намного медленнее, чем при БШ с ранним началом. Более того, атрофические поражения могут ограничиваться макулой в течение ряда лет и не приводить к тяжелой хориоретинальной дегенерации. В соответствии с этим пациенты с промежуточным началом БШ имеют большую вероятность сохранить приемлемую остроту зрения в течение длительного периода.

3. Болезнь Штаргардта с поздним началом (*Late-Onset Stargardt*).

Средний возраст начала заболевания — около 55 лет. Пациенты отмечают либо незначительное снижение остроты зрения и метаморфозии, либо появление дефектов в поле зрения. Иногда заболевание протекает бессимптомно и может быть случайно обнаружено во время офтальмологического обследования. В большинстве случаев при офтальмоскопии визуализируются желто-белые пятна, локализующиеся в макуле или по всей сетчатке. В ряде случаев появляются очаги атрофии ПЭС в макулярной зоне, однако без захвата фовеа [13].

ОКТ не выявляет повреждения фоторецепторов в фовеа.

При АФ желто-белые пятна выглядят как гиперавтофлуоресцентные, иногда окруженные гало, и в виде снижения аутофлуоресценции. В большинстве случаев фовеа интактна.

Фотопическая и скотопическая полнополюсная ЭРГ является нормальной или субнормальной.

Отличительной особенностью БШ с поздним началом является относительная интактность фовеа. Несмотря на множественные желто-белые пятна, локализующиеся по всей сетчатке, атрофические изменения длительное время не затрагивают фовеальную зону, а лишь окружают ее. Зрительные функции сохраняются на высоком уровне до тех пор, пока атрофия ПЭС не распространится до фовеа.

ДИАГНОСТИКА

Клинический диагноз основывается на офтальмологическом обследовании, включающем проведение ви-

зометрии, офтальмоскопии, периметрии, исследования АФ, ОКТ сетчатки, ЭРГ, ФАГ.

БШ характеризуется прогрессирующим билатеральным снижением центрального зрения [14]. Периметрия на ранних стадиях заболевания не показывает патологии. Однако со временем развиваются относительные центральные скотомы, прогрессирующие в абсолютные, что приводит к формированию новой эксцентрической точки фиксации, диагностируемой с помощью микропериметрии. Чаще новая точка фиксации локализуется выше фовеа, что связано с более высокой плотностью ганглиозных клеток сетчатки в верхней части. Средняя светочувствительность при БШ снижается примерно на 0,680 дБ в год при возрастной норме 0,036–0,107 дБ в год [15].

Потеря периферического зрения обычно связана с более тяжелым течением заболевания. M. Schroeder разделил периметрические изменения при БШ на 3 группы [16]:

1-я группа — центральные скотомы в пределах 10 градусов;

2-я группа — центральные скотомы в пределах 10–35 градусов;

3-я группа — остаточные поля зрения в височном квадранте.

У большинства пациентов наблюдается нарушение цветового зрения (красно-зеленая дисхроматопсия), у некоторых может присутствовать светобоязнь, замедленная темновая адаптация.

При офтальмоскопии определяется характерная для БШ триада, включающая прогрессирующую макулярную атрофию, желто-белые пятна круглой или рыбьей формы, интактную перипапиллярную сетчатку [17]. Желто-белые пятна отражают накопление липофусцина в ПЭС, но также могут быть признаком атрофии. Их распределение меняется со временем, они могут сливаться в разные узоры, распространяться за пределы сосудистых аркад. Существует несколько классификаций БШ, основанных на картине глазного дна. Классификация G.A. Fishman включает 4 стадии [18]:

1-я стадия — дефекты ПЭС различной степени выраженности, желто-белые пятна рыбьей формы в пределах 1 диаметра диска зрительного нерва (ДЗН) вокруг фовеа, нормальная ЭРГ и электроокулограмма (ЭОГ);

2-я стадия — желто-белые пятна распространяются за пределы сосудистых аркад, нормальная или субнормальная ЭРГ и ЭОГ, замедленная темновая адаптация;

3-я стадия — атрофические очаги в макуле, субнормальная ЭРГ и ЭОГ, дефекты поля зрения;

4-я стадия — распространенная атрофия по всему глазному дну, снижение ответов ЭРГ, сужение поля зрения.

K.G. Noble и R.E. Carr классифицировали STGD1 (БШ и *fundus flavimaculatus*, или желтопятнистое глазное дно) на 4 группы [19]:

1-я группа — дегенерация макулы без пятен;
2-я группа — перифовеолярные пятна с дегенерацией макулы (БШ);

3-я группа — диффузные пятна с дегенерацией макулы (желтопятнистое глазное дно с дегенерацией макулы);

4-я группа — диффузные пятна, отсутствие дегенерации макулы (собственно желтопятнистое глазное дно).

АФ является неинвазивным методом обследования, позволяющим оценить состояние ПЭС. Липофусцин, накапливающийся в клетках ПЭС, соответствует участкам гиперавтофлюоресценции при выполнении коротковолновой АФ и гипофлюоресценции — при ближней инфракрасной АФ, причем при выполнении последней они выявляются раньше. Снижение метаболизма клеток ПЭС и их атрофия, которые приводят к вторичной гибели фоторецепторов, выглядят в виде сниженной АФ на обоих типах АФ, но больше — на ближней инфракрасной АФ. Потеря ПЭС протекает со скоростью 0,28–1,58 мм/год [20].

К. Fujinami и соавт. выявили 3 типа аутофлюоресценции при БШ [21]:

1-й тип — локальная гипоаутофлюоресценция в фовеа, окруженная зоной изоаутофлюоресценции;

2-й тип — локальная гипоаутофлюоресценция в фовеа, окруженная зоной неоднородной аутофлюоресценции;

3-й тип — несколько зон гипоаутофлюоресценции в заднем полюсе, окруженных зоной неоднородной аутофлюоресценции.

L. Kuehlewein и соавт. выделили 2 вида АФ у пациентов с БШ: сниженная и предположительно сниженная. За эталон была взята АФ ДЗН. К первой группе относились изменения с интенсивностью 90 % и более от интенсивности ДЗН, ко второй — 50–90 % [22]. Исследование ProgStart показало, что в 50 % глаз у пациентов с БШ без очагов со сниженной АФ они появились менее чем через 5 лет [23].

M.A. Klufas и соавт. разработали классификацию поражений сетчатки по данным широкопольной АФ. Ими было выделено 3 типа [24]:

1-й тип — атрофические изменения в макуле;

2-й тип — атрофические изменения на периферии сетчатки;

3-й тип — атрофические изменения в макуле и на периферии сетчатки.

F. Delori и соавт. впервые предложили метод количественной оценки АФ глазного дна, разработав показатель qAF [25]. Данный метод можно использовать как стандартизированный подход к оценке уровня липофусцина в сетчатке. Было установлено, что показатель qAF может увеличиваться до появления видимых изменений на сетчатке, что помогает установить диагноз в сомнительных клинических ситуациях.

ОКТ позволяет провести прижизненное исследование микроархитектоники сетчатки и наряду с АФ является основным методом визуализации при БШ, так

как дает возможность зафиксировать изменения на ранних стадиях, провести динамическую оценку. ОКТ дает возможность на ранних стадиях заболевания обнаружить накопление липофусцина в ПЭС в виде гиперрефлективных суб- или интратретинальных депозитов, дезорганизацию слоя фоторецепторов [26]. При этом самые ранние изменения наблюдаются в парафовеолярной зоне [27]. G. Querques и соавт. классифицировали гиперрефлективные депозиты на 2 типа [28]:

1-й тип — куполообразные гиперрефлективные отложения на внутренней части ПЭС;

2-й тип — небольшие линейные отложения в наружном ядерном слое, не затрагивающие ПЭС.

Этой же группой исследователей была предложена классификация, описывающая 5 подтипов пятен с использованием ОКТ [28]:

класс А — гиперрефлективные отложения на уровне наружных сегментов фоторецепторов, зоны сочленения колбочек с ПЭС, комплекса «мембрана Бруха — ПЭС»;

класс В — пятна достигают наружной пограничной мембраны;

класс С — пятна проникают в наружный ядерный слой;

класс D — пятна локализируются только в наружном ядерном слое и исчезают с наружных слоев сетчатки;

класс E — атипичные друзоподобные поражения.

Описаны и другие ОКТ маркеры БШ, такие как субфовеолярный разрыв и утолщение наружной пограничной мембраны, гиперрефлективность в основании наружного ядерного слоя. Разрыв эллипсоидной зоны и истончение наружного ядерного слоя развиваются по стадиям согласно классификации K. Noorou и соавт [12]:

1-я стадия — небольшие изменения эллипсоидной зоны субфовеолярно;

2-я стадия — дальнейшие изменения фоторецепторного слоя;

3-я стадия — вовлечение внутренних слоев сетчатки.

Установлено, что общая площадь эллипсоидной зоны при БШ постепенно уменьшается примерно на 0,31 мм² в год [29]. Это может быть связано либо с реакцией клеток Мюллера, либо с миграцией и ретракцией внутреннего сегмента фоторецепторов [30].

ОКТ была использована для изучения толщины сосудистой оболочки при БШ. Описаны 4 модели морфологии хориоидеи [31]:

1-я модель — нормальная хориоидея;

2-я модель — уменьшение толщины слоя Саттлера или Галлера;

3-я модель — уменьшение толщины слоя Саттлера и Галлера;

4-я модель — уменьшение толщины слоя Саттлера и Галлера, хориоидальные каверны.

Помимо этого, при БШ могут определяться гиперрефлективные очаги в комплексе «мембрана Бруха — ПЭС», слое хориокапилляров и слое Саттлера, причем

их количество коррелирует с тяжестью заболевания [31]. Благодаря ОКТ появились данные, что гибель фоторецепторов может предшествовать гибели ПЭС [32]. Толщина сетчатки в фовеальной зоне прямо коррелирует с потерей остроты зрения [33].

Ангио-ОКТ демонстрирует снижение сосудистой плотности в поверхностном и глубоком капиллярном сплетении сетчатки и слое хориокапилляров, а также позволяет диагностировать субретинальную неоваскулярную мембрану, которая является редким осложнением БШ.

ЭРГ обычно демонстрирует нормальные или субнормальные скотопические и фотопические ответы на полнопольной ЭРГ. Однако при прогрессировании заболевания может определяться снижение как скотопического, так и фотопического ответа. ЭРГ имеет прогностическое значение, поскольку у пациентов с ранней периферической дисфункцией фоторецепторов выше вероятность развития более выраженных функциональных потерь.

N. Lois и соавт. классифицировали БШ на 3 группы в зависимости от данных ЭРГ [34]:

1-я группа — выраженные отклонения в паттерн-ЭРГ при нормальной фотопической и скотопической полнопольной ЭРГ;

2-я группа — дополнительные отклонения в фотопической ЭРГ;

3-я группа — потеря как фотопической, так и скотопической полнопольной ЭРГ.

ФАГ является дополнительным методом обследования пациентов с БШ, полезным на ранних стадиях заболевания, когда на глазном дне отсутствуют какие-либо изменения. Характерным признаком БШ является так называемая «молчащая хориоидея», возникающая из-за отсутствия ранней хориоидальной гиперфлюоресценции, которая блокируется липофусцином ПЭС [35].

Генетическое тестирование позволяет подтвердить диагноз, так как БШ характеризуется большим фенотипическим разнообразием, связанным с различными мутациями в гене ABCA4, и дает возможность определить прогноз течения заболевания, что может быть полезно при планировании беременности.

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА

Наибольшие сложности диагностики БШ относятся к клиническим формам с ранним и поздним дебютом заболевания. Дифференциальная диагностика проводится со следующими заболеваниями.

1. Паттерн-дистрофия сетчатки. Впервые данный термин для описания характерных изменений макулярной зоны сетчатки был предложен M.F. Marmor и V. Myers в 1977 г. [36]. Паттерн-дистрофия является аутосомно-доминантным заболеванием, редко приводящим к снижению зрения до 50 лет. Заболевание связано с геном RRP2 и имеет несколько различных фенотипических форм: вителлиформная фовеомакулярная дистрофия взрослых, макулярная ретикулярная дистрофия, дис-

трофия в виде «крыльев бабочек», fundus pulverulentus и мультифокальная дистрофия, имитирующая болезнь Штаргардта. Последняя форма паттерн-дистрофий имеет схожие офтальмоскопические проявления с БШ, а именно желто-белые пятна в макуле и интактность перипапиллярной сетчатки. Однако ФАГ при паттерн-дистрофии будет демонстрировать дефекты флюоресценции, в то время как для БШ характерен признак «молчащей хориоидеи» [37].

2. Аутосомно-доминантные штаргардтоподобные макулярные дистрофии STGD3 и STGD4 — наследственные заболевания центральной зоны сетчатки, приводящие к прогрессирующему снижению зрения в первые два десятилетия жизни. Одними из первых штаргардтоподобных макулярных дистрофий описали G.W. Cibis и соавт. в 1980 г. [38]. STGD3 связана с мутациями в гене ELOVL4, STGD4 — в гене PROM1. Оба заболевания имеют аутосомно-доминантный тип наследования [39]. STGD3 офтальмоскопически характеризуется атрофией сетчатки в макулярной зоне с или без желто-белых пятен, в то время как для STGD4 больше характерно развитие макулопатии по типу «бычьего глаза». При ФАГ признак «молчащей» хориоидеи определяется не у всех пациентов. Полнопольная ЭРГ при STGD3 является нормальной, мультифокальная ЭРГ демонстрирует снижение амплитуды центрального компонента P1, что говорит в пользу того, что патологические изменения носят локальный характер. При STGD3 полнопольная ЭРГ демонстрирует снижение палочкового и колбочкового ответов. Наиболее частой ОКТ-находкой при STGD3 является истончение наружного ядерного слоя, хотя также может определяться утолщение наружной пограничной мембраны. Изменения ПЭС возникают на поздних стадиях заболевания. При STGD4 ОКТ показывает более диффузные изменения наружных слоев сетчатки, поражение ПЭС распространяется далеко за пределы субфовеальной зоны. Для обоих заболеваний характерна гиперавтофлюоресценция, ограниченная задним полюсом глазного яблока [40].

3. Нейрональный цероидный липофусциноз, или болезнь Баттена, — редкое метаболическое заболевание, приводящее к апоптозу фоторецепторных клеток сетчатки и нейронов головного мозга [41]. Офтальмологическими проявлениями заболевания являются выраженное снижение зрения вплоть до слепоты и нарушение цветоощущения. Офтальмоскопически характеризуется сужением сосудов, деколорированным ДЗН. На ОКТ является истончение слоя нервных волокон сетчатки.

4. ВМД офтальмоскопически может походить на БШ с поздним дебютом за счет друз, схожих с желто-белыми очагами при БШ. При АФ друзы могут быть слегка гиперавтофлюоресцентными или гипоавтофлюоресцентными, в то время как пятна при БШ характеризуются интенсивной гиперавтофлюоресценцией [42]. На ОКТ

друзы выглядят в виде гиперрефлективных отложений под ПЭС, в то время как для БШ характерно утолщение ПЭС. ФАГ при ВМД не демонстрирует признак «молчащей хориоидеи», в отличие от БШ.

ЛЕЧЕНИЕ

До сих пор не существует эффективных этиопатогенетических методов лечения БШ [43].

Исторически принято считать, что диета с ограниченным содержанием витамина А может замедлить прогрессирование заболевания, однако это еще предстоит доказать [44]. В случае развития субретинальной неоваскулярной мембраны возможно интравитреальное введение ингибиторов ангиогенеза [45]. Рекомендовано использование очков с защитой от ультрафиолетового излучения. С целью повышения остроты зрения, контрастной чувствительности возможно применение специальных электронных видеувеличителей [46].

В настоящее время ведутся исследования нескольких препаратов, основным эффектом которых является снижение накопления липофусцина в клетках ПЭС. К ним относятся [47]:

1. Эмиксустата гидрохлорид (ACU-4429) — ингибитор ретиноидной изомерогидролазы.
2. Форма витамина А — ALK-001, в которой атомы водорода по углероду C20 заменены атомами дейтерия, препарат уменьшает скорость димеризации витамина А, приводя к замедлению образования А2Е и липофусцина.
3. Фенретинид — производное витамина А, конкурентно связывается с ретинол-связывающим белком в глазу и затем выводится из организма.

Цель генной терапии при БШ заключается в том, чтобы доставить в глаз (интравитреально или субретинально) нормальный ген ABCA4, который сможет обеспечить выработку функционирующего белка-транспортера в фоторецепторных клетках и тем самым замедлить прогрессирование заболевания. В качестве векторов

используются аденоассоциированные вирусы или лентивирусы [48].

Терапия стволовыми клетками направлена на регенерацию клеток ПЭС [47].

ОСЛОЖНЕНИЯ

БШ может приводить к развитию субретинального фиброза, особенно после травм, даже незначительных. А.А. Grandinetti и соавт. предположили, что травма может быть пусковым механизмом высвобождения липофусцина, который разрушает клетки ПЭС, это приводит к формированию субретинального фиброза [49]. Редким осложнением БШ является развитие макулярной неоваскулярной мембраны, при обнаружении которой возможно использование фокальной лазерной коагуляции сетчатки, фотодинамической терапии или терапии ингибиторами васкулогенеза [50]. Самым грозным исходом БШ является слепота.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Болезнь Штаргардта является прогрессирующим наследственным заболеванием макулярной зоны сетчатки, развивающимся вследствие мутаций в гене ABCA4. Заболевание имеет несколько клинических форм, что обуславливает различный прогноз в отношении сохранения центрального зрения. Для постановки диагноза БШ используются различные методы офтальмологического обследования, включающие оценку как структурных, так и функциональных изменений, а также генетическое исследование. Заболевание до сих пор не имеет эффективных этиопатогенетических методов лечения, однако при развитии макулярной неоваскулярной мембраны как осложнения БШ возможна лазерная или анти-VEGF терапия.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Жазыбаев Р.С. — концепция и дизайн исследования, анализ литературы, сбор и обработка материала, написание текста;

Жиров А.Л. — концепция и дизайн исследования, написание текста, редактирование, окончательное утверждение версии, подлежащей публикации.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Stargardt K. Über familiäre, progressive Degeneration in der Maculagedend des Auges. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 1909;71:534–550. doi: 10.1007/BF01961301.
2. Tanna P, Strauss RW, Fujinami K, Michaelides M. Stargardt disease: clinical features, molecular genetics, animal models and therapeutic options. *Br J Ophthalmol.* 2017;101(1):25–30. doi: 10.1136/bjophthalmol-2016-308823.
3. Зольникова ИВ, Иванова МЕ, Стрельников ВВ, Левина ДВ, Деменкова ОН, Танас АС, Рогатина ЕВ, Егорова ИВ, Рогова СЮ, Приказюк ЕЮ. Спектр мутаций при ABCA4-ассоциированной болезни Штаргардта в российской популяции. *Российская педиатрическая офтальмология.* 2016;11(1):14–22. doi: 10.18821/1993-1859-2016-11-1-14-22.
4. Zol'nikova IV, Ivanova ME, Strel'nikov VV, Levina DV, Demenkova ON, Tanas AS, Rogatina EV, Egorova IV, Rogova SYu, Prikazyuk EYu. The spectrum of mutations in the patients presenting with ABCA4-associated stargardt's disease in a Russian population. *Russian pediatric ophthalmology.* 2016;11(1):14–22 (In Russ.). doi: 10.18821/1993-1859-2016-11-1-14-22.
5. Cremers FPM, Lee W, Collin RWJ, Allikmets R. Clinical spectrum, genetic complexity and therapeutic approaches for retinal disease caused by ABCA4 mutations. *Prog Retin Eye Res.* 2020;79:100861. doi: 10.1016/j.preteyeres.2020.100861.
6. Klevering BJ, Deutman AF, Maugeri A, Cremers FP, Hoyng CB. The spectrum of retinal phenotypes caused by mutations in the ABCA4 gene. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2005;243(2):90–100. doi: 10.1007/s00417-004-1079-4.
7. Sparrow JR, Gregory-Roberts E, Yamamoto K, Blonska A, Ghosh SK, Ueda K, Zhou J. The bisretinoids of retinal pigment epithelium. *Prog Retin Eye Res.* 2012;31(2):121–135. doi: 10.1016/j.preteyeres.2011.12.001.
8. Delori FC, Dorey CK, Staurenghi G, Arend O, Goger DG, Weiter JJ. In vivo fluorescence of the ocular fundus exhibits retinal pigment epithelium lipofuscin characteristics. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1995;36(3):718–729.
9. Charbel Issa P, Barnard AR, Singh MS, Carter E, Jiang Z, Radu RA, Schraermeyer U, MacLaren RE. Fundus autofluorescence in the Abca4(-/-) mouse model of Stargardt disease correlation with accumulation of A2E, retinal function, and histology. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2013;54(8):5602–5612. doi: 10.1167/iovs.13-11688.
10. Franceschetti A. A special form of tapetoretinal degeneration: fundus fl avimaculatus. *Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol.* 1965;69(6):1048–1053.
11. Fujinami K, Zernant J, Chana RK, Wright GA, Tsunoda K, Ozawa Y, Tsubota K, Robson AG, Holder GE, Allikmets R, Michaelides M, Moore AT. Clinical and molecular characteristics of childhood-onset Stargardt disease. *Ophthalmology.* 2015;122(2):326–334. doi: 10.1016/j.ophtha.2014.08.012.
12. Lee W, Nöpuu K, Oll M, Duncker T, Burke T, Zernant J, Bearely S, Tsang SH, Sparrow JR, Allikmets R. The external limiting membrane in early-onset Stargardt disease. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2014;55(10):6139–6149. doi: 10.1167/iovs.14-15126.
13. Nöpuu K, Lee W, Zernant J, Tsang SH, Allikmets R. Structural and genetic assessment of the ABCA4-associated optical gap phenotype. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2014;55(11):7217–7226. doi: 10.1167/iovs.14-14674.
14. Fujinami K, Sergouniotis PI, Davidson AE, Wright G, Chana RK, Tsunoda K, Tsubota K, Egan CA, Robson AG, Moore AT, Holder GE, Michaelides M, Webster AR. Clinical and molecular analysis of Stargardt disease with preserved foveal structure and function. *Am J Ophthalmol.* 2013;156(3):487–501.e1. doi: 10.1016/j.ajo.2013.05.003.

14. Rotenstreich Y, Fishman GA, Anderson RJ. Visual acuity loss and clinical observations in a large series of patients with Stargardt disease. *Ophthalmology*. 2003;110(6):1151–1158. doi: 10.1016/S0161-6420(03)00333-6.
15. Schönbach EM, Wolfson Y, Strauss RW, Ibrahim MA, Kong X, Muñoz B, Birch DG, Cideciyan AV, Hahn GA, Nittala M, Sunness JS, Sadda SR, West SK, Scholl HPN; ProgStar Study Group. Macular Sensitivity Measured With Microperimetry in Stargardt Disease in the Progression of Atrophy Secondary to Stargardt Disease (ProgStar) Study: Report No. 7. *JAMA Ophthalmol*. 2017;135(7):696–703. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2017.1162.
16. Schroeder M, Kjellström U. Full-field ERG as a predictor of the natural course of ABCA4-associated retinal degenerations. *Mol Vis*. 2018;24:1–16.
17. Lambertus S, van Huet RA, Bax NM, Hoefsloot LH, Cremers FP, Boon CJ, Klevering BJ, Hoyng CB. Early-onset stargardt disease: phenotypic and genotypic characteristics. *Ophthalmology*. 2015;122(2):335–344. doi: 10.1016/j.ophtha.2014.08.032.
18. Fishman GA. Fundus flavimaculatus. A clinical classification. *Arch Ophthalmol*. 1976;94(12):2061–2067. doi: 10.1001/archophth.1976.03910040721003.
19. Noble KG, Carr RE. Stargardt's disease and fundus flavimaculatus. *Arch Ophthalmol*. 1979;97(7):1281–1285. doi: 10.1001/archophth.1979.01020020023005.
20. Arrigo A, Grazioli A, Romano F, Aragona E, Bordato A, di Nunzio C, Sperti A, Bandello F, Battaglia Parodi M. Choroidal Patterns in Stargardt Disease: Correlations with Visual Acuity and Disease Progression. *J Clin Med*. 2019;8(9):1388. doi: 10.3390/jcm8091388.
21. Fujinami K, Lois N, Mukherjee R, McBain VA, Tsunoda K, Tsubota K, Stone EM, Fitzke FW, Bunce C, Moore AT, Webster AR, Michaelides M. A longitudinal study of Stargardt disease: quantitative assessment of fundus autofluorescence, progression, and genotype correlations. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2013;54(13):8181–8190. doi: 10.1167/iovs.13-12104.
22. Kuehlewein L, Hariri AH, Ho A, Dustin L, Wolfson Y, Strauss RW, Scholl HP, Sadda SR. Comparison of manual and semiautomated fundus autofluorescence analysis of macular atrophy in Stargardt disease phenotype. *Retina*. 2016;36(6):1216–1221. doi: 10.1097/IAE.0000000000000870.
23. Strauss RW, Muñoz B, Ho A, Jha A, Michaelides M, Mohand-Said S, Cideciyan AV, Birch D, Hariri AH, Nittala MG, Sadda S, Scholl HPN; ProgStar Study Group. Incidence of Atrophic Lesions in Stargardt Disease in the Progression of Atrophy Secondary to Stargardt Disease (ProgStar) Study: Report No. 5. *JAMA Ophthalmol*. 2017;135(7):687–695. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2017.1121.
24. Klufas MA, Tsui I, Sadda SR, Hosseini H, Schwartz SD. Ultrawidefield autofluorescence in ABCA4 Stargardt disease. *Retina*. 2018;38(2):403–415. doi: 10.1097/IAE.0000000000001567.
25. Delori F, Greenberg JP, Woods RL, Fischer J, Duncker T, Sparrow J, Smith RT. Quantitative measurements of autofluorescence with the scanning laser ophthalmoscope. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2011;52(13):9379–9390. doi: 10.1167/iovs.11-8319.
26. Шеремет НЛ, Ронзина ИА, Жоржоладзе НВ, Стрельников ВВ. Взаимосвязь структурных и функциональных изменений сетчатки при болезни Штаргардта. *Вестник офтальмологии*. 2016;132(3):42–48.
27. Шеремет НЛ, Ронзина ИА, Жоржоладзе НВ, Стрельников ВВ. Relationship between structural and functional changes in retina in Stargardt disease. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2016;132(3):42–48 (In Russ.). doi: 10.17116/oftalma2016132342-48.
28. Khan KN, Kasilian M, Mahroo OAR, Tanna P, Kalitzeos A, Robson AG, Tsunoda K, Iwata T, Moore AT, Fujinami K, Michaelides M. Early Patterns of Macular Degeneration in ABCA4-Associated Retinopathy. *Ophthalmology*. 2018;125(5):735–746. doi: 10.1016/j.ophtha.2017.11.020.
29. Querques G, Leveziel N, Benhamou N, Voigt M, Soubrane G, Souied EH. Analysis of retinal flecks in fundus flavimaculatus using optical coherence tomography. *Br J Ophthalmol*. 2006;90(9):1157–1162. doi: 10.1136/bjo.2006.094136.
30. Cai CX, Light JG, Handa JT. Quantifying the Rate of Ellipsoid Zone Loss in Stargardt Disease. *Am J Ophthalmol*. 2018;186:1–9. doi: 10.1016/j.ajo.2017.10.032.
31. Pang CE, Suqin Y, Sherman J, Freund KB. New insights into Stargardt disease with multimodal imaging. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina*. 2015;46(2):2579–2561. doi: 10.3928/23258160-20150213-09.
32. Piri N, Nesmith BL, Schaal S. Choroidal hyperreflective foci in Stargardt disease shown by spectral-domain optical coherence tomography imaging: correlation with disease severity. *JAMA Ophthalmol*. 2015;133(4):398–405. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2014.5604.
33. Gomes NL, Greenstein VC, Carlson JN, Tsang SH, Smith RT, Carr RE, Hood DC, Chang S. A comparison of fundus autofluorescence and retinal structure in patients with Stargardt disease. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2009;50(8):3953–3959. doi: 10.1167/iovs.08-2657.
34. Van Huet RA, Bax NM, Westeneng-Van Haften SC, Muhamad M, Zonneveld-Vrieling MN, Hoefsloot LH, Cremers FP, Boon CJ, Klevering BJ, Hoyng CB. Foveal sparing in Stargardt disease. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2014;55(11):7467–7478. doi: 10.1167/iovs.13-13825.
35. Lois N, Holder GE, Bunce C, Fitzke FW, Bird AC. Phenotypic subtypes of Stargardt macular dystrophy-fundus flavimaculatus. *Arch Ophthalmol*. 2001;119(3):359–369. doi: 10.1001/archophth.119.3.359.
36. Jayasundera T, Rhoades W, Branham K, Niziol LM, Musch DC, Heckenlively JR. Peripapillary dark choroid ring as a helpful diagnostic sign in advanced stargardt disease. *Am J Ophthalmol*. 2010;149(4):656–660.e2. doi: 10.1016/j.ajo.2009.11.005.
37. Marmor MF, Byers B. Pattern dystrophy of the pigment epithelium. *Am J Ophthalmol*. 1977;84(1):32–44. doi: 10.1016/0002-9394(77)90320-8.
38. Francis PJ, Schultz DW, Gregory AM, Schain MB, Barra R, Majewski J, Ott J, Acott T, Weleber RG, Klein ML. Genetic and phenotypic heterogeneity in pattern dystrophy. *Br J Ophthalmol*. 2005;89(9):1115–1119. doi: 10.1136/bjo.2004.062695.
39. Cibis GW, Morey M, Harris DJ. Dominantly inherited macular dystrophy with flecks (Stargardt). *Arch Ophthalmol*. 1980;98(10):1785–1789. doi: 10.1001/archophth.1980.01020040637010.
40. Kniavezova MF, Chiang MF, Cutting GR, Zack DJ, Han M, Zhang K. Clinical and genetic studies of an autosomal dominant cone-rod dystrophy with features of Stargardt disease. *Ophthalmic Genet*. 1999;20(2):71–81. doi: 10.1076/opge.20.2.71.2287.
41. Palejwala NV, Gale MJ, Clark RF, Schlechter C, Weleber RG, Pennesi ME. Insights into autosomal dominant Stargardt-like macular dystrophy through multimodality diagnostic imaging. *Retina*. 2016;36(1):119–130. doi: 10.1097/IAE.0000000000000659.
42. Краева ЛС, Алифирова ВМ, Королева ЕС, Кузьмина АВ. Нейрональный цероидный липофусциноз 2-го типа. Клинический случай. *Бюллетень сибирской медицины*. 2019;18(4):244–248.
43. Краева ЛС, Королева ЕС, Алифирова ВМ, Кузьмина АВ. A clinical case of neuronal ceroid lipofuscinosis type 2. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2019;18(4):244–248 (In Russ.). doi: 10.20538/1682-0363-2019-4-244-248.
44. Westeneng-van Haften SC, Boon CJ, Cremers FP, Hoefsloot LH, den Hollander AI, Hoyng CB. Clinical and genetic characteristics of late-onset Stargardt's disease. *Ophthalmology*. 2012;119(6):1199–1210. doi: 10.1016/j.ophtha.2012.01.005.
45. Жоржоладзе НВ, Шеремет НЛ, Танас АС, Стрельников ВВ. Новые возможности терапии болезни Штаргардта. *Вестник офтальмологии*. 2020;136(4):333–343.
46. Zhorzholadze NV, Sheremet NL, Tanas AS, Strelnikov VV. New possibilities in the treatment of Stargardt disease. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2020;136(4):333–343 (In Russ.). doi: 10.17116/oftalma2020136042333.
47. Federspiel CA, Bertelsen M, Kessel L. Vitamin A in Stargardt disease—an evidence-based update. *Ophthalmic Genet*. 2018;39(5):555–559. doi: 10.1080/13816810.2018.1488174.
48. Battaglia Parodi M, Munk MR, Iacono P, Bandello F, Ranibizumab for subfoveal choroidal neovascularisation associated with Stargardt disease. *Br J Ophthalmol*. 2015;99(9):1268–1270. doi: 10.1136/bjophthalmol-2014-305783.
49. Байбарин КА, Катаргина ЛА. Электронные видеувеличители как средство коррекции слабовидения у пациентов с болезнью Штаргардта. *Российская педиатрическая офтальмология*. 2022;17(1):25–31.
50. Baibarin KA, Katargina LA. Electronic video magnifiers as a low-vision aid for patients with Stargardt disease. *Russian Pediatric Ophthalmology*. 2022;17(1):25–31 (In Russ.). doi: 10.17816/rpoj91130.
51. Huang D, Heath Jeffery RC, Aung-Htut MT, McLenachan S, Fletcher S, Wilton SD, Chen FK. Stargardt disease and progress in therapeutic strategies. *Ophthalmic Genet*. 2022;43(1):1–26. doi: 10.1080/13816810.2021.1966053.
52. Trapani I, Toriello E, de Simone S, Colella P, Iodice C, Polishchuk EV, Sommella A, Colecchi L, Rossi S, Simonelli F, Giunti M, Bacci ML, Polishchuk RS, Auricchio A. Improved dual AAV vectors with reduced expression of truncated proteins are safe and effective in the retina of a mouse model of Stargardt disease. *Hum Mol Genet*. 2015;24(23):6811–6825. doi: 10.1093/hmg/ddv386.
53. Grandinetti AA, Portella E, Arana J, Iskorostenski NT. Subretinal fibrosis in Stargardt's disease: case report. *Arq Bras Oftalmol*. 2011;74(6):449–451. doi: 10.1590/s0004-27492011000600015.
54. Володин ПЛ, Педанова ЕК, Матяева АД, Порошина МА. Неактивная макулярная неоваскуляризация при болезни Штаргардта. *Офтальмологические ведомости*. 2023;16(3):83–88.
55. Volodin PL, Pedanova EK, Matyayeva AD, Poroshina MA. Inactive macular neovascularization in Stargardt's disease. *Ophthalmology Reports*. 2023;16(3):83–88 (In Russ.). doi: 10.17816/OV321387.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Жазыбаев Руслан Серикович
врач-офтальмолог консультативно-диагностического отделения
<https://orcid.org/0000-0002-6201-5051>

Жиров Аркадий Леонидович
заведующий консультативно-диагностическим отделением, врач-офтальмолог
<https://orcid.org/0000-0003-0226-9014>

ABOUT THE AUTHORS

Zhazybaev Ruslan S.
ophthalmologist of the Consultative and Diagnostic Department
<https://orcid.org/0000-0002-6201-5051>

Zhirov Arkady L.
Head of the Consultative and Diagnostic Department, ophthalmologist
<https://orcid.org/0000-0003-0226-9014>

Искусственный интеллект: аспекты применения в офтальмологии. Ч. 1

А.О. Укина¹Е.Б. Мякошина²

¹ ГБУЗ ЛО «Гатчинская клиническая межрайонная больница»
ул. Рощинская, 15а, корп. 1, Гатчина, Ленинградская обл., 188300, Российская Федерация

² ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр глазных болезней им. Гельмгольца» Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. Садовая-Черногрозская, 14/19, Москва, 105062, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2026;23(1):14–21

Искусственный интеллект (ИИ) становится неотъемлемой частью современных медицинских технологий, особенно в области диагностики заболеваний. В последние годы его применение в офтальмологии становится более широким и затрагивает все большее количество нозологий. В данной обзорной статье освещены вопросы терминологии ИИ, исторические аспекты применения ИИ в медицине в целом и в офтальмологии в частности, рассмотрены современные достижения и научные разработки. Обсуждается будущее ИИ в офтальмологии и перспективы развития данного направления.

Ключевые слова: искусственный интеллект, глубокое обучение, нейронные сети, машинное обучение, офтальмология

Для цитирования: Укина А.О., Мякошина Е.Б. Искусственный интеллект: аспекты применения в офтальмологии. Ч. 1. *Офтальмология*. 2026;23(1):14–21. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-14-21>

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

Конфликт интересов отсутствует.



Artificial Intelligence: Applications in Ophthalmology. Part 1

A.O. Ukina¹, E.B. Myakoshina²

¹Gatchina Interdistrict Clinical Hospital
Roshchinskaya str., 15a, bld. 1, Gatchina, Leningrad region, 188300, Russian Federation

²Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases
Sadovaya-Chernogryazskaya str., 14/19, Moscow, 105062, Russia

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2026;23(1):14-21

Artificial intelligence (AI) is becoming an integral part of modern medical technologies, especially in the field of disease diagnostics. In recent years, its application in ophthalmology has become broader, and it affects an increasing number of nosologies.

This review article covers the issues of AI terminology, historical aspects of the use of AI in medicine in general and in ophthalmology in particular, and highlights modern achievements and scientific developments in this field.

The future of AI in ophthalmology and the prospects for the development are discussed. Ophthalmologists, researchers, and artificial intelligence experts are the target audience for this article.

Keywords: artificial intelligence; deep learning; neural networks; machine learning; ophthalmology

For citation: Ukina A.O., Myakoshina E.B. Artificial Intelligence: Applications in Ophthalmology. Part 1. *Ophthalmology in Russia*. 2026;23(1):14-21. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-14-21>

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

There is no conflict of interests.

ВВЕДЕНИЕ

Искусственный интеллект (ИИ) представляет собой область компьютерных наук, занимающуюся разработкой систем, способных выполнять задачи, обычно требующие человеческого интеллекта [1]. Ключевыми разделами ИИ являются машинное обучение и глубокое обучение. Машинное обучение включает алгоритмы, которые анализируют и обрабатывают данные для обнаружения закономерностей и принятия решений без необходимости в явном программировании. Алгоритм машинного обучения представляет собой совокупность

правил и математических моделей, которые дают возможность компьютерам обучаться на основе данных и принимать решения (без явного программирования).

Существует множество алгоритмов машинного обучения, каждый используется для решения своей конкретной задачи. В исследованиях в области офтальмологии можно встретить такие алгоритмы, как линейная регрессия, логистическая регрессия, наивный Байесовский классификатор, деревья решений и другие. Термин «Случайный лес» (Random Forest) — это метод, который строит множество деревьев решений и объединяет их результаты для улучшения точности предсказаний. В терминологии ИИ «предсказание» относится к процессу использования алгоритмов и моделей для прогнозирования будущих событий или значений на основе имеющихся данных.

Глубокое обучение, в свою очередь, является подкатегорией машинного обучения и использует многослойные нейронные сети для обработки больших объемов информации, что позволяет достигать высокой точности в задачах распознавания образов, обработки естественного языка и других сложных задачах. Нейронные сети, вдохновленные структурой человеческого мозга, состоят из узлов (нейронов), связанных между собой, что обеспечивает возможность параллельной обработки информации и эффективного обучения на больших наборах данных [1]. К известным моделям глубокого обучения относятся сверточные нейронные сети, рекуррентные нейронные сети, генеративно-состязательные сети и другие. Эти технологии открывают новые возможности в различных сферах и продолжают активно развиваться (рис. 1).



Рис. 1. Структура ИИ. Глубокое обучение — часть машинного обучения, машинное обучение — часть ИИ [2]

Fig. 1. Structure of AI. Deep learning is a part of machine learning, machine learning is a part of AI [2]

A.O. Ukina, E.B. Myakoshina

Contact information: Ukina Anastasiia O. anastasiiaukina@yandex.ru

Artificial Intelligence: Applications in Ophthalmology. Part 1

Датасет (набор данных) представляет собой совокупность данных, организованных или сгруппированных по определенным критериям. Эти данные необходимы для создания программного обеспечения для электронных вычислительных машин, использующих технологии ИИ. Обычно выделяют три набора данных: обучающий набор данных (training dataset), проверочный набор данных (validation dataset) и тестовый набор данных (test dataset). Модель изначально тренируется с помощью обучающего датасета, затем обученная модель используется для прогнозирования ответов для наблюдения с помощью второго набора данных. Тестовый набор данных используется для непредвзятой оценки окончательной модели. Для оценки работы модели, использующей ИИ, применяют различные метрики и показатели в зависимости от задачи, поставленной перед моделью.

Часто можно встретить термин «площадь под кривой» (ROC-AUC (Area Under the ROC Curve)) — это оценка качества модели при различных порогах классификации. Чем ближе к 1, тем лучше модель. Точность (Accuracy) — доля правильно классифицированных объектов от общего числа объектов. Для медицинских моделей важными параметрами являются чувствительность и специфичность модели. Чувствительность и специфичность являются ключевыми метриками для оценки качества моделей искусственного интеллекта, особенно в задачах классификации, таких как диагностика заболеваний. Эти показатели помогают понять, насколько точно модель может идентифицировать положительные и отрицательные случаи.

СОВРЕМЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЯ «ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ»

ИИ охватывает множество методов и приложений. Современные определения ИИ варьируют от узкоспециализированных до более широких концептуальных подходов, что отражает сложность и многогранность этой области науки. С 1 января 2025 г. приказом Росстандарта от 28 октября 2024 г. № 1542-ст [3] вводится в действие национальный стандарт, закрепленный за техническим комитетом по стандартизации № 164 «Искусственный интеллект» (ТК 164) — ГОСТ Р 71476-2024 «Искусственный интеллект. Концепции и терминология искусственного интеллекта» [1]. Данный стандарт разработан с учетом основных нормативных положений основополагающего проекта международного стандарта ИСО/МЭК 22989 «Информационные технологии. Искусственный интеллект. Понятия и терминология искусственного интеллекта» (ISO/IEC DIS 22989 “Information technology — Artificial intelligence — Artificial intelligence concepts and terminology”, NEQ) [1].

Согласно терминологии, приведенной в вышеуказанных нормативных документах, ИИ определяется как «область науки и техники, рассматривающая технические системы, которые порождают такие результаты, как контент, прогнозы, рекомендации или решения

для заданного набора поставленных человеком задач» [1]. Данное определение подчеркивает важность не только способности к обработке данных, но и возможности систем учиться и адаптироваться в процессе выполнения задач. Некоторые эксперты рассматривают ИИ как платформу для множества технологий, включая мобильный интернет и автономные системы. Это определяет его роль в современном технологическом ландшафте. Например, в своей публикации П.М. Морхат ссылается на Эндрю Хаскинса и указывает на то, что ИИ лучше всего понимать как совокупность методов и моделей, позволяющих извлекать знания из данных для решения специфических задач [4].

Важно отметить, что ИИ — это не просто инструмент; это область исследований как технических, так и философских и практических вопросов, которая продолжает развиваться и влиять на различные сферы жизни.

ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИИ И ВНЕДРЕНИЕ ЕГО В МЕДИЦИНУ

ИИ имеет богатую историю, начавшуюся в середине XX века. Официально ИИ был основан как академическая дисциплина в 1956 г. на Дартмутской конференции, организованной Джоном Маккарти, Марвином Мински, Натаниэлем Рочестером и Клодом Шенноном. Эта конференция явилась отправной точкой для исследований в области «механизации интеллекта» и привела к созданию первых программ, способных имитировать человеческие умственные процессы [5]. В 1960-х гг. ИИ пережил «золотые годы», когда компьютеры стали более доступными, а алгоритмы машинного обучения начали активно развиваться. Однако последующие десятилетия ознаменовались периодами разочарования, известными как «зима искусственного интеллекта», когда финансирование и интерес к исследованиям значительно снизились. С начала 2010-х гг., благодаря достижениям в области глубокого обучения и нейронных сетей, интерес к ИИ вновь возрос, что привело к его бурному развитию и внедрению в различные сферы жизни, включая медицину [6].

Идея применения вычислительных машин для решения медицинских задач возникла задолго до появления современных технологий ИИ. Уже в середине XX в., с появлением первых электронных вычислительных устройств, ученые стали рассматривать возможности применения алгоритмов для анализа медицинских данных и помощи в принятии клинических решений [7]. Первые попытки применения вычислительных мощностей в медицине были связаны с созданием экспертных систем, которые могли имитировать работу врача-диагноста, опираясь на заложенные в них правила и знания. Однако эти системы были ограничены узким спектром задач и не обладали способностью к самостоятельному обучению и адаптации [8].

На протяжении нескольких десятилетий применение ИИ в медицине, включая офтальмологию, оставалось

в основном в рамках исследовательских проектов, и лишь с развитием методов машинного обучения, особенно глубокого обучения, в начале 2010-х гг. произошел настоящий прорыв в области применения ИИ в медицине. Появление мощных графических процессоров (GPU) и доступность больших объемов данных позволили обучать нейронные сети с беспрецедентной точностью, что открыло новые возможности для решения сложных задач в диагностике и лечении заболеваний [9].

Первые экспериментальные работы по применению ИИ в медицине начались в 1960-х гг. Этот период ознаменовался созданием первых систем, которые стали основой для дальнейших исследований и разработок в области ИИ. Одной из таких систем был проект MYCIN, разработанный в Стэнфордском университете и предназначенный для диагностики бактериальных инфекций и рекомендации антибиотиков. MYCIN продемонстрировал потенциал ИИ в медицинской практике, несмотря на свои ограничения [10]. В 1970-х гг. развитие ИИ продолжалось с созданием системы INTERNIST-I, которая помогала врачам в диагностике сложных заболеваний, анализируя симптомы и медицинские данные пациентов [11]. Эти ранние системы заложили основу для более сложных технологий, которые мы видим сегодня. Кроме того, важным событием стало создание системы MEDLARS в 1964 г., которая автоматизировала поиск медицинской литературы и впоследствии

трансформировалась в систему MEDLINE, ставшую важным инструментом для медицинских исследователей [12].

Еще одним примером большого успешного медицинского проекта на основе технологий ИИ является платформа IBM Watson Health. Система используется для анализа медицинских данных, включая электронные истории болезни, результаты лабораторных исследований и медицинские снимки, что позволяет врачам получать более точные рекомендации по диагностике и лечению [13]. Одним из ключевых направлений Watson Health является онкология, где система помогает врачам разрабатывать индивидуализированные планы лечения на основе анализа большого объема данных о пациентах и последних научных исследований. Watson способна выявлять паттерны и корреляции, что способствует раннему обнаружению заболеваний и повышению эффективности лечения. Партнерство с ведущими медицинскими учреждениями и фармацевтическими компаниями позволяет Watson Health интегрировать опыт практикующих врачей в свою работу, что делает систему ценным инструментом в борьбе с различными заболеваниями и улучшением здоровья населения [7, 13].

Важную часть медицинских исследований в области ИИ занимает дерматология и возможности диагностики меланомы кожи. Ведутся разработки в области все более доступных и точных приложений для диагностики

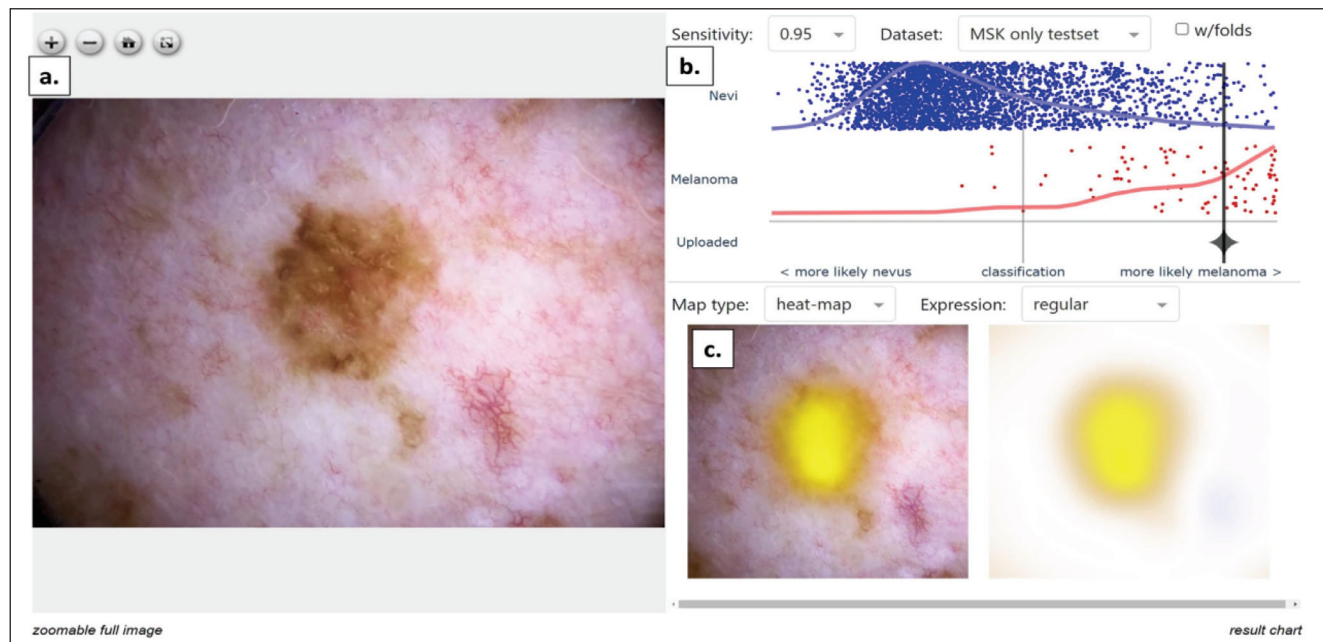


Рис. 2. Интерфейс веб-приложения ADAE для диагностики меланомы кожи по данным дерматоскопии: а. Дерматоскопическое изображение; б. Оценка ADAE показана в виде вертикальной черной линии, рассчитанной как логарифмическое среднее значение 18 моделей; с. Карта значимости, показывающая пространственную поддержку прогнозирования меланомы, где желтый цвет указывает на более вероятную меланому, а синий цвет — на более вероятную не меланому [16]

Fig. 2. Interface of the ADAE web-application for diagnosing skin melanoma from dermoscopy: a. Dermatoscopy image; b. ADAE score is shown as a vertical black line calculated as the logarithmic mean of 18 models; c. Weightage map showing the spatial support for melanoma prediction, where yellow indicates more likely melanoma and blue indicates more likely non-melanoma [16]

неинвазивными методами визуализации [14]. Результаты исследований показывают, что несколько алгоритмов ИИ работают так же хорошо или лучше, чем дерматологи, при обнаружении меланомы, особенно при анализе изображений дерматоскопии, что подчеркивает потенциал ИИ для повышения точности диагностики в онкологии [15]. Мобильное приложение под авторством N. Tokatli и соавт. с интуитивным интерфейсом для ранней диагностики меланомы кожи продемонстрировало комплексную точность 92 % с точностью сегментации и обнаружения поражений 93 и 90 % соответственно [14]. Исследования M.A. Marchetti и соавт. показали, что способность дерматологов оценивать риск меланомы значительно улучшилась при использовании алгоритма ADAE с использованием технологий ИИ (рис. 2) [16].

Таким образом, история ИИ в медицине — это не просто последовательность технологий, но и отражение изменений в подходах к диагностике и лечению, которые происходили на протяжении десятилетий.

ПРИМЕНЕНИЕ ИИ В ОФТАЛЬМОЛОГИИ

В офтальмологии первые шаги в применении искусственного интеллекта были предприняты в 1970-х гг. Тогда исследователи начали изучать возможности автоматического анализа изображений глазного дна для диагностики офтальмологических болезней. Ранние алгоритмы, как правило, были основаны на простых методах обработки изображений и классификации, но тем не менее они заложили основу для будущих исследований в этой области. Одним из первых значимых проектов стала программа CASNET, разработанная в Университете Рутгерса, которая использовала причинно-ассоциативные сети для консультаций по глаукоме. Эта система продемонстрировала возможность применения ИИ для анализа данных о пациентах и предоставления врачам рекомендаций по ведению пациентов на основе конкретных заболеваний [17].

С тех пор технологии ИИ значительно эволюционировали и их применение в офтальмологии стало более разнообразным. Во всем мире идут исследования программ и приложений на основе технологий ИИ, позволяющих снять с докторов рутинные задачи и помочь в дифференциальной диагностике [18]. ИИ позволяет ускорить анализ медицинских данных, анализ изображений и автоматизировать диагностический поиск [19]. В офтальмологии ИИ потенциально расширяет доступ пациента к скринингу, клинической диагностике и снижает расходы на здравоохранение [20].

В офтальмологии разработка технических решений проводится в следующих направлениях:

- ранняя диагностика глаукомы (анализ ОКТ-снимков ДЗН, статической периметрии, анализ данных тонометрии по Гольдману и Маклакову) [21–24];
- оценка прогрессирования глаукомного процесса [21, 25];

- разработка портативных периметров [25, 26];
- ретинология (анализ фундус-фотографий и ОКТ-снимков на предмет выявления таких патологий, как диабетическая ретинопатия [27–29], ЦСХР [30, 31], ВМД [31, 32], ретинопатия недоношенных [33]);
- анализ снимков роговицы (кератоконус [34], дистрофия Фукса [35]);
- расчет ИОЛ [36];
- разработка модуля диагностики катаракты [37];
- использование ИИ в разработке помощников для слепых/слабовидящих [38].

Отдельную ветвь исследований представляют работы, направленные на предсказание системных заболеваний по изображениям глазного дна и ОКТ. Было продемонстрировано, что применение искусственного интеллекта дает многообещающие результаты в определении возраста, пола, систолического артериального давления, статуса курения и при оценке сердечно-сосудистых заболеваний [39]. Другие исследователи прогнозировали неврологические патологии, анемию, хроническую болезнь почек, аутоиммунные заболевания, нарушения сна по мультимодальным изображениям глазного дна [40]. ИИ использовали в широком спектре клинических испытаний и исследовательских приложений, в первую очередь для прогнозирования различных болезней, поиска биомаркеров и идентификации факторов риска.

В офтальмологии в последние годы системы глубокого обучения начали использоваться для диагностики диабетической ретинопатии и возрастной макулярной дегенерации, показывая результаты, сопоставимые с человеческими способностями [18]. Например, алгоритмы ИИ могут анализировать изображения сетчатки с высокой точностью, что позволяет выявлять патологию на ранних стадиях и улучшать исходы лечения. Технологии ИИ начали применять также для диспансерного наблюдения за пациентами с патологией сетчатки [41].

Некоторые из технологических решений получили официальное одобрение надзорных органов к использованию в работе. Первое программное обеспечение на основе искусственного интеллекта Dx-DR было одобрено FDA для использования в 2018 г. для определения тяжести диабетической ретинопатии по изображениям глазного дна [42]. IDx разработала систему IDx-DR, чтобы позволить клиникам первичной медико-санитарной помощи оценивать, подвержены ли пациенты с диабетом риску потери зрения [43]. Система искусственного интеллекта EyeArt одобрена в Европейском союзе для скрининга диабетической ретинопатии [44].

Из отечественных систем можно отметить сервис для диагностики заболеваний макулярной области Retina.AI, который в 2024 г. получил регистрационное удостоверение на медицинское изделие [45] и может применяться в качестве системы поддержки принятия врачебных решений при диагностике офтальмологических патологий [46].

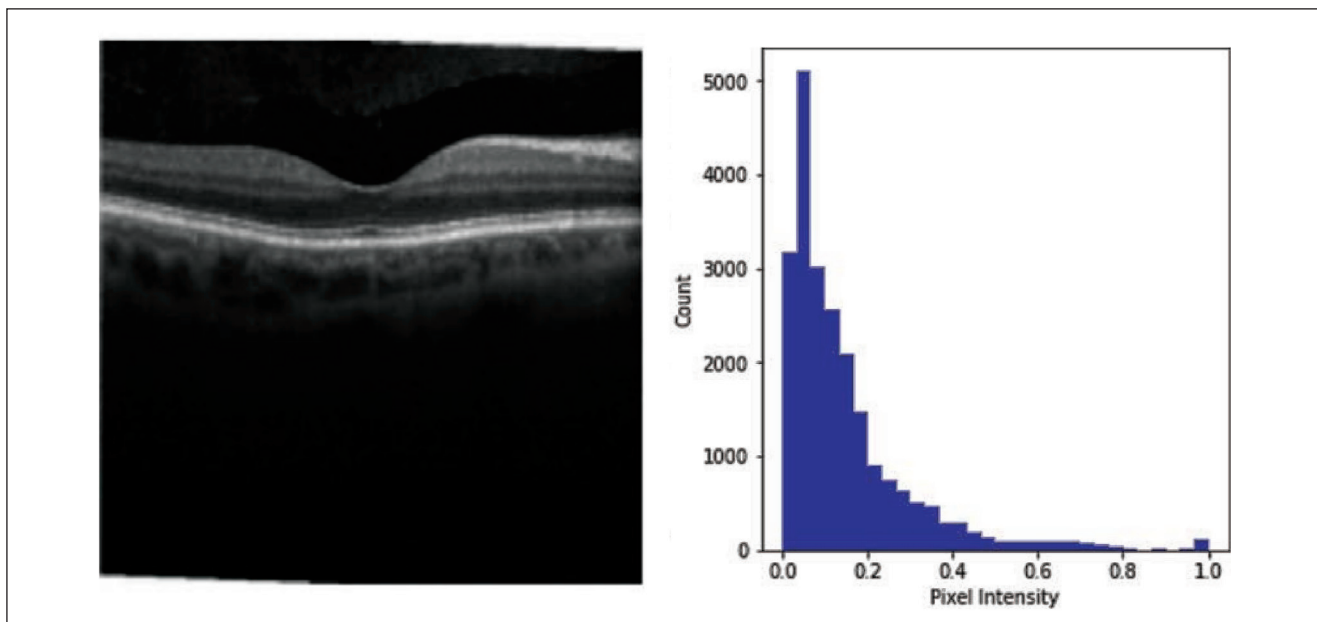


Рис. 3. График распределения интенсивности пикселей ОКТ-снимка [47]

Fig. 3. Graph of the distribution of pixel intensity of the OCT image [47]

Группой авторов под руководством В.В. Нероева была выполнена работа по разработке алгоритма для диагностики заболеваний сетчатки на основе данных ОКТ-снимков с применением технологий ИИ. Был разработан прототип сервиса для диагностики не одной, а нескольких патологий сетчатки (неоваскуляризация хориоидеи, макулярный отек, множественные друзы) при применении переобучения нейронной сети VGG16. Авторы акцентируют важность предварительной обработки изображений перед началом обучения модели — например, в данной работе они преобразовывали ОКТ-снимки к единому разрешению. На рисунке 3 показан график распределения интенсивности пикселей ОКТ-снимка. При тестировании модель показала чувствительность и специфичность 97 и 98 % соответственно [47].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Системы ИИ обладают большим потенциалом для трансформации клинической практики. Их внедрение в будущем поможет ускорить процессы диагностики и принятия решений, сократить нагрузку на медицинский персонал.

На современном этапе развития науки алгоритмы ИИ демонстрируют многообещающую чувстви-

тельность и конкурентную специфичность, но традиционные методы по-прежнему играют решающую роль в диагностическом процессе, что подчеркивает необходимость комплексных подходов в практической медицине. Несмотря на то что потенциал ИИ в диагностике огромен, для полной реализации его преимуществ в повседневной работе необходимо решить такие проблемы, как качество данных, интерпретируемость моделей и этические аспекты. Необходимо проводить постоянные исследования для повышения точности и надежности алгоритмов ИИ, используемых при интерпретации изображений. Хотя эти проблемы значительны, они также открывают возможности для инноваций в приложениях ИИ, что может привести к повышению точности диагностики и улучшению результатов лечения пациентов в долгосрочной перспективе. Постоянное развитие в этой области имеет важное значение для успешного внедрения ИИ в повседневную офтальмологическую практику.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Укина А.О. — написание и редактирование текста;
Мякошина Е.Б. — разработка и дизайн исследования, написание и редактирование текста, окончательное утверждение рукописи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- ГОСТ Р 71476-2024 (ИСО/МЭК 22989:2022). Искусственный интеллект. Концепции и терминология искусственного интеллекта. М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2024. 62 с. <https://docs.cntd.ru/document/1310068314> (дата обращения: 07.01.2025).
- Deep learning. Neurocomputer technologies (In Russ.). URL: https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Глубокое_обучение (дата обращения: 07.01.2025).
- Приказ Росстандарта от 28 октября 2024 г. № 1542-ст. М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2024. https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_490595/ (дата обращения 07.01.2025).
- Order of Rosstandart dated October 28, 2024 No. 1542-st. Moscow: Federal Agency for Technical Regulation and Metrology, 2024 (In Russ.). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_490595/ (accessed 07.01.2025).
- Морхат П.М. К вопросу об определении понятия искусственного интеллекта. Право и государство: теория и практика. 2017;2(156):25–32.

- Morhat PM. To the question of definition of the concept of artificial intelligence. Law and State: Theory and Practice. 2017;2(156):25–32 (In Russ.).
5. McCarthy J Minsky ML, Rochester N, Shannon CE. A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence, August 31, 1955. AI Magazine. 2006;27(4):12. doi: 10.1609/aimag.v27i4.1904.
 6. Вознюк ПА. История развития и современное состояние искусственного интеллекта. Глобус: технические науки. 2019;5(3(27)):11–19. Voznyuk PA. The history of development and the current state of artificial intelligence. Globe: Technical Sciences. 2019;5(3(27)):11–19 (In Russ.).
 7. Гусев АВ, Добриндюк СЛ. Искусственный интеллект в медицине и здравоохранении. Информационное общество. 2017;4–5:78–93. Gusev AV, Dobridnyuk SL. Artificial intelligence in medicine and healthcare. Information Society. 2017;4–5:78–93 (In Russ.).
 8. Поряева ЕП, Евстафьева ВА. Искусственный интеллект в медицине. Вестник науки и образования. 2019;60 (6–2):15–18. Poryaeva EP, Evstafieva VA. Artificial intelligence in medicine. Vestnik nauki i obrazovaniya. 2019;60(6–2):15–18 (In Russ.).
 9. Rodríguez Corral JM, Civit-Masot J, Luna-Perejón F, Díaz-Cano I, Morgado-Estévez A, Domínguez-Morales M. Energy efficiency in edge TPU vs. embedded GPU for computer-aided medical imaging segmentation and classification. Engineering Applications of Artificial Intelligence. 2024;127:107298. doi: 10.1016/j.engappai.2023.107298.
 10. Melle WV. MYCIN: a knowledge-based consultation program for infectious disease diagnosis. International Journal of Human-computer Studies / International Journal of Man-machine Studies. 1978;10:313–322.
 11. Wolfram DA. An appraisal of INTERNIST-1. Artificial intelligence in medicine, 1995;7(2), 93–116. doi: 10.1016/0933-3657(94)00028-q.
 12. Dee CR. The development of the Medical Literature Analysis and Retrieval System (MEDLARS). Journal of the Medical Library Association: JMLA. 2007;95(4):416–425. doi: 10.3163/1536-5050.95.4.416.
 13. Lee K, Kim J. Artificial Intelligence Technology Trends and IBM Watson References in the Medical Field. Korean Medical Education Review. 2016;18(2):51–57. doi: 10.17496/KMER.2016.18.2.51.
 14. Tokatl N, Bilmez Y, Göztepe G, Güler M, Karan F, Altun H. MelanoTech: Development of a mobile application infrastructure for melanoma cancer diagnosis based on artificial intelligence technologies. 2024 8th International Artificial Intelligence and Data Processing Symposium (IDAP).2024;1:1–6. doi: 10.1109/IDAP64064.2024.10710812.
 15. Patel RH, Foltz EA, Witkowski A, Ludzik J. Analysis of Artificial Intelligence-Based Approaches Applied to Non-Invasive Imaging for Early Detection of Melanoma: A Systematic Review. Cancers. 2023;15(19):4694. doi: 10.3390/cancers15194694.
 16. Marchetti MA, Cowen EA, Kurtansky NR, Weber J, Dauscher M, DeFazio J, Deng L, Dusza SW, Haliasos H, Halpern AC, Hosein S, Nazir ZH, Marghoob AA, Quigley EA, Salvador T, Rotemberg VM. Prospective validation of dermoscopy-based open-source artificial intelligence for melanoma diagnosis (PROVE-AI study). NPJ Digit Med. 2023 Jul 12;6(1):127. doi: 10.1038/s41746-023-00872-1.
 17. Weiss SM, Kulikowski CA, Safir A. A Model-Based Consultation System for the Long-Term Management of Glaucoma. IJCAI. 1977;5: 826–832.
 18. Мамедова СС, Каримова АИ, Галиева АФ, Мальханова МА, Полянкина СС, Кучумова АИ, Тарасова ЯЯ, Цюань ДУ, Клец ОВ, Гербутова ВН, Оленичев АВ, Ушакова ЭО, Миннихалилова АК. Роль искусственного интеллекта в современной офтальмологии. Офтальмологический вестник. 2024;17(1):103–113. Mamedova SS, Karimova AI, Galieva AF, Malkhanova MA, Polyankina SS, Kuchumova AI, Tarasova YaYa, Tsuan DU, Klecs OV, Gerbutova VN, Olenichev AV, Ushakova EO, Minnikhalilova AK. The role of artificial intelligence in modern ophthalmology. Ophthalmology Reports. 2024;17(1):103–113 (In Russ.). doi: 10.17816/OV625627.
 19. Нероев ВВ, Зайцева ОВ, Петров СЮ, Брагин АА. Применение искусственного интеллекта в офтальмологии: настоящее и будущее. Российский офтальмологический журнал. 2024;17(2):135–141. Neroev VV, Zaytseva OV, Petrov SYu, Bragin AA. Artificial intelligence in ophthalmology: the present and the future. Russian Ophthalmological Journal. 2024;17(2):135–141 (In Russ.). doi: 10.21516/2072-0076-2024-17-2-135-141.
 20. Anton N, Doroftei B, Curteanu S, Cătălin L, Ilie OD, Tărcoveanu F, Bogdănci CM. Comprehensive Review on the Use of Artificial Intelligence in Ophthalmology and Future Research Directions. Diagnostics (Basel). 2022 Dec 29;13(1):100. doi: 10.3390/diagnostics13010100.
 21. Дорофеев ДА, Полева РП, Витков АА, Асиновская ИИ, Семенов ЕД. Диагностика и мониторинг глаукомы с помощью искусственного интеллекта. Современные технологии в офтальмологии. 2024;54(2):161. Dorofeev DA, Poleva RP, Vitkov AA, Asinovskova II, Semenov ED. Diagnosis and monitoring of glaucoma using artificial intelligence. Modern technologies in ophthalmology. 2024;54(2):161 (In Russ.). doi: 10.25276/2312-4911-2024-2-161-162.
 22. Куроедов АВ, Остапенко ГА, Митрошина КВ, Мовсисян АВ. Современная диагностика глаукомы: нейросети и искусственный интеллект. Клиническая офтальмология. 2019;19(4):230–237. Kuroedov AV, Ostapenko GA, Mitroshina KV, Movsisyan AV. State of the art of glaucoma diagnosis: neural networks and artificial intelligence. Clinical ophthalmology. 2019;19(4):230–237 (In Russ.). doi: 10.32364/2311-7729-2019-19-4-230-237.
 23. Мовсисян АВ, Куроедов АВ, Остапенко ГА, Подвигин СВ, Рачинский ЮА. Использование нейросетей и искусственного интеллекта как современного метода диагностики глаукомы. Современные технологии в офтальмологии. 2020;3:27–28. doi: 10.25276/2312-4911-2020-3-27-28. Movsisyan AV, Kuroedov AV, Ostapenko GA, Podvigin SV, Rachinsky YuA. Using neural networks and artificial intelligence as a modern method for diagnosing glaucoma. Modern technologies in ophthalmology. 2020;3:27–28 (In Russ.). doi: 10.25276/2312-4911-2020-3-27-28.
 24. Комаровских ЕН, Подтынных ЕВ. Результаты применения искусственных нейронных сетей для ранней диагностики глаукомы. Российский офтальмологический журнал. 2023;16(2):28–32. Komarovskikh EN, Podtynnykh EV. Using artificial neural networks for early diagnosis of glaucoma. Russian Ophthalmological Journal. 2023;16(2):28–32 (In Russ.). doi: 10.21516/2072-0076-2023-16-2-28-32.
 25. Дорофеев ДА, Казанова СЮ, Мовсисян АВ, Полева РП. Искусственный интеллект и нейросети в диагностике глаукомы. Национальный журнал Глаукома. 2023;22(1):115–128. Dorofeev DA, Kazanova SYu, Movsisyan AV, Poleva RP. Artificial intelligence and neural networks in the diagnosis of glaucoma. National Journal glaucoma. 2023;22(1):115–128 (In Russ.). doi: 10.53432/2078-4104-2023-22-1-115-128.
 26. Kunumpol P, Lerthiruvibul N, Phienphanich P, Munthuli A, Temahivong K, Tantisevi V, Manassakorn A, Chansangpetch S, Itthipanichpong R, Ratanawongphaibul K, Rojanapongpun P, Tantibundhit C. GlauCUTU: Time Until Perceived Virtual Reality Perimetry With Humphrey Field Analyzer Prediction-Based Artificial Intelligence. IEEE Access. 2022;10:36949–36962.
 27. Gunasekeran DV, Ting DSW, Tan GSW, Wong TY. Artificial intelligence for diabetic retinopathy screening, prediction and management. Curr Opin Ophthalmol. 2020 Sep;31(5):357–365. doi: 10.1097/ICU.0000000000000693.
 28. Grzybowski A, Brona P, Lim G, Ruamviboonsuk P, Tan GSW, Abramoff M, Ting DSW. Artificial intelligence for diabetic retinopathy screening: a review. Eye (Lond). 2020 Mar;34(3):451–460. doi: 10.1038/s41433-019-0566-0. Epub 2019 Sep 5. Erratum in: Eye (Lond). 2020 Mar;34(3):604. doi: 10.1038/s41433-019-0728-0.
 29. Vilela, LFC, Cabral NO, Destefani AC, Destefani VC. Harnessing the power of artificial intelligence for early detection and management of diabetic retinopathy, age-related macular degeneration, and glaucoma: a narrative review of deep learning applications in ophthalmology. Revista Ibero-Americana De Humanidades, Ciências E Educação, 2024;10(8):3311–3320. doi: 10.51891/rea.v10i8.15395.
 30. Куликов АН, Малахова ЕЮ, Мальцев ДС. Искусственный интеллект и машинное обучение в диагностике центральной серозной хориоретинопатии на основании оптической когерентной томографии. Офтальмологические ведомости. 2019;12(1):13–20. Kulikov AN, Malahova EYu, Maltsev DS. Artificial intelligence and machine learning for optical coherence tomography-based diagnosis in central serous chorioretinopathy. Ophthalmology Reports 2019;12(1):13–20 (In Russ.). doi: 10.17816/OV2019113-20.
 31. Selvam A, Ong J, Bollepalli SC, Chhablani J, Vupparaboina KK, Driban M. Artificial Intelligence in Choroid Through Optical Coherence Tomography: A Comprehensive Review. 2023; Authorea Preprints.
 32. Bhuiyan A, Wong TY, Ting DSW, Govindaiah A, Souied EH, Smith RT. Artificial Intelligence to Stratify Severity of Age-Related Macular Degeneration (AMD) and Predict Risk of Progression to Late AMD. Transl Vis Sci Technol. 2020 Apr 24;9(2):25. doi: 10.1167/tvst.9.2.25.
 33. Shah S, Slaney E, VerHage E, Chen J, Dias R, Abdelmalik B, Weaver A, Neu J. Application of Artificial Intelligence in the Early Detection of Retinopathy of Prematurity: Review of the Literature. Neonatology. 2023;120(5):558–565. doi: 10.1159/000531441.
 34. Малугин БЭ, Сахнов СН, Аксенова ЛЕ, Мысникова ВВ. Применение искусственного интеллекта в диагностике и хирургии кератоконуса: систематический обзор. Офтальмохирургия. 2022;1:77–96. Malugin BE, Sakhnov SN, Axenova LE, Myasnikova VV. Application of artificial intelligence in diagnostics and surgery of keratoconus: a systematic overview. Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery. 2022;1:77–96 (In Russ.). doi: 10.25276/0235-4160-2022-1-77-96
 35. Шушаев СВ, Мородовцева ЕА, Пустозеров ЕА, Кудлакхмедов ШШ. Применение сверточных нейронных сетей для определения эндотелиальной дистрофии Фукса. Офтальмохирургия. 2022;4S:70–76. Shukhaev SV, Mordovtseva EA, Pustozerov EA, Kudlakhmedov SS. Application of convolutional neural networks to define Fuchs endothelial dystrophy. Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery. 2022;4S:70–76 (In Russ.). doi: 10.25276/0235-4160-2022-4S-70-76.
 36. Carmona González D, Palomino Bautista C. Accuracy of a new intraocular lens power calculation method based on artificial intelligence. Eye (Lond). 2021 Feb;35(2): 517–522. doi: 10.1038/s41433-020-0883-3.
 37. Сахнов СН, Аксенов КД, Аксенова ЛЕ, Вронская ВВ, Марцинкевич АО, Мысникова ВВ. Разработка модели скрининга катаракты с использованием открытого набора данных и алгоритмов глубокого машинного обучения. Офтальмохирургия. 2022;4S:13–20. Sakhnov SN, Axenov KD, Axenova LE, Vronskaaya VV, Martsinkevich AO, Myasnikova VV. Development of a cataract screening model using an open dataset and deep machine learning algorithms. Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery. 2022;4S:13–20 (In Russ.). doi: 10.25276/0235-4160-2022-4S-13-20.
 38. Казачанская МЮ, Гордиенко ПР, Гончаров ИО, Шрайнер БА. Разработка мобильного приложения компьютерного зрения для помощи слабовидящим. Цифровая трансформация и искусственный интеллект в образовании. 2021:141–145. Kazachanskaya MYu, Gordienko PR, Goncharov IO, Shreiner BA. Development of a Mobile Computer Vision Application to Help the Visually Impaired. Digital transformation and artificial intelligence in education. 2021:141–145 (In Russ.).

39. Khan R, Surya J, Roy M, Swathi Priya, MN, Mohan S, Raman S, Raman A, Vyasa A, Raman R. Use of artificial intelligence algorithms to predict systemic diseases from retinal images. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*. 2023;13(5):e1506.
40. Omar MO, Abad Ali, MJ, Qabillie SE, Haji AI, Takriti MB, Atif AH, Rangraze I. Beyond Vision: Potential Role of AI-enabled Ocular Scans in the Prediction of Aging and Systemic Disorders. *Siriraj Medical Journal*. 2024;76(2):106–115. doi: 10.33192/smj.v76i2.266303.
41. Чупров АД, Болодурин ИП, Лосицкий АО, Жигалов АЮ. Организация диспансерного наблюдения пациентов с патологией макулярной области сетчатки с использованием систем искусственного интеллекта. *Digital Diagnostics*. 2024;5(1):75–84.
- Chuprov AD, Bolodurina IP, Lositskiy AO, Zhigalov AYU. Organizing follow-up care for patients with macular retinal pathologies using artificial intelligence systems. *Digital Diagnostics*. 2024;5(1):75–84 (In Russ.). doi: 10.17816/DD623956.
42. Farahat Z, Zrira N, Souissi N, Bennani Y, Bencherif S, Benamar S, Belmekki M, Ngote MN, Megdiche K. Diabetic retinopathy screening through artificial intelligence algorithms: A systematic review. *Surv Ophthalmol*. 2024 Sep–Oct;69(5):707–721. doi: 10.1016/j.survophthal.2024.05.008.
43. Peris-Martínez C, Shaha A, Clarida W, Amelon R, Hernández-Ortega MC, Navea A, Morales-Olivas J, Dolz-Marco R, Pérez-Jordá P, Verbraak F, Heijden AAV. Use in clinical practice of an automated screening method of diabetic retinopathy that can be derived using a diagnostic artificial intelligence system. *Arch Soc Esp Ophthalmol (Engl. Ed)*. 2021 Mar;96(3):117–126. English, Spanish. doi: 10.1016/j.oftal.2020.08.007.
44. Vought R, Vought V, Shah M, Szirth B, Bhagat N. EyeArt artificial intelligence analysis of diabetic retinopathy in retinal screening events. *Int Ophthalmol*. 2023 Dec; 43(12):4851–4859. doi: 10.1007/s10792-023-02887-9.
45. Регистрационное удостоверение на медицинское изделие РЗН 2024/23001. Программное обеспечение для работы с цифровыми медицинскими изображениями при диагностике офтальмологических патологий путем анализа фотографий глазного дна и сканов структурной ОКТ Retina.AI по ТУ 58.29.32-001-60003594-2022. М.: Федеральная служба по надзору в сфере здравоохранения (Росздравнадзор), 2024. <https://nevacert.ru/reestr/med-reestr/rzn-202423001-77069> (дата обращения: 07.01.2025).
- Registration certificate for a medical device RZN 2024/23001. Software for working with digital medical images in the diagnosis of ophthalmological pathologies by analyzing photographs of the fundus and scans of structural OCT Retina.AI according to TU 58.29.32-001-60003594-2022. Moscow: Federal Service for Surveillance in Healthcare (Roszdravnadzor), 2024. URL: <https://nevacert.ru/reestr/med-reestr/rzn-202423001-77069> (accessed: 07.01.2025).
46. Каталевская ЕА, Сизов АЮ, Тюрников МИ, Владимиров ЮВ. Алгоритмы искусственного интеллекта для диагностики признаков диабетической ретинопатии, диабетического макулярного отека, возрастной макулярной дегенерации, аномалий витреомакулярного интерфейса. *Офтальмохирургия*. 2022;4S:58–69.
- Katalevskaya EA, Sizov AYU, Tyurikov MI, Vladimirova YuV. Artificial intelligence algorithms for the diagnosis of signs of diabetic retinopathy, diabetic macular edema, age-related macular degeneration, vitreomacular interface abnormalities. *Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery*. 2022;4S:58–69 (In Russ.). doi: 10.25276/0235-4160-2022-4S-58-69.
47. Нероев ВВ, Брагин АА, Зайцева ОВ. Диагностика патологий сетчатки по снимкам оптической когерентной томографии с использованием инструментов искусственного интеллекта. *Российский офтальмологический журнал*. 2023;16(3):47–53.
- Neroev VV, Bragin AA, Zaytseva OV. Diagnostics of retinal pathologies by optical coherence tomography images using artificial intelligence tools. *Russian Ophthalmological Journal*. 2023;16(3):47–53 (In Russ.). doi: 10.21516/2072-0076-2023-16-3-47-53.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Укина Анастасия Олеговна
врач-офтальмолог
<https://orcid.org/0009-0005-6752-9499>

Мякошина Елена Борисовна
доктор медицинских наук, старший научный сотрудник отдела
офтальмоонкологии и радиологии
<https://orcid.org/0000-0002-2087-7155>

ABOUT THE AUTHORS

Ukina Anastasiia O.
ophthalmologist
<https://orcid.org/0009-0005-6752-9499>

Myakoshina Elena B.
MD, senior research officer of Ophthalmology and Radiology Department
<https://orcid.org/0000-0002-2087-7155>

Факторы риска рецидивирования ячменя или халязиона: междисциплинарный взгляд на проблему

В.Н. Трубилин¹Е.Г. Полунина¹А.В. Трубилин¹Е.В. Кечин²Е.А. Каспарова³

А.В. Филоненко⁴, Ю.В. Евстигнеева⁵, К.В. Ластовская (Чиненова)⁵, Т.А. Привезенцева⁶

¹ Академия постдипломного образования ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр»
Федерального медико-биологического агентства
Волоколамское шоссе, 91, Москва, 125371, Российская Федерация

² ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
Бескудниковский бульвар, 59а, Москва, 127486, Российская Федерация

³ ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней имени М.М. Краснова»
ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация

⁴ ГБУЗ НО «Городская клиническая больница № 12» Сормовского района г. Нижнего Новгорода
ул. Павла Мочалова, 8, Нижний Новгород, 603003, Российская Федерация

⁵ Офтальмологическая клиника доктора Нуренкова
Рублевское шоссе, 48/1, Москва, 121609, Российская Федерация

⁶ Клиника семейной офтальмологии профессора Трубилина
ул. Маршала Рыбалко, 2, корп. 6, Москва, 123060, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2026;23(1):22–32

Анализ данных литературы свидетельствует о том, что ячмень и халязион являются многофакторным заболеванием, которое требует мультидисциплинарного подхода. Учитывая появление значительного числа новых факторов риска, таких как косметологические процедуры в периорбитальной зоне, применение лекарственных препаратов, включая прием контрацептивов и заместительную гормональную терапию, антидепрессантов, ношение контактных линз и др., в настоящем исследовании предпринята попытка выявить ключевые факторы риска развития ячменя и халязиона, обуславливающие рецидивирующий характер течения данной патологии. Проведенное исследование показало, что как ячмень, так и халязион имеют рецидивирующий характер в 2,1 раза чаще, чем безрецидивное течение. Чаще всего ячмень и халязион выявлялись у пациентов с косметологическими процедурами в периорбитальной зоне в анамнезе, далее в убывающем порядке — у пациентов с заболеваниями кожи и отягощенным соматическим статусом, преимущественно у пациентов с заболеваниями ЖКТ. Анализ данных, направленный на изучение влияния факторов риска на возникновение ячменя, выявил клинически значимые различия: ячмень (острый воспалительный процесс мейбомиевых желез) на 19,2 % возникает чаще у пациентов с косметологическим воздействием в периорбитальной зоне в анамнезе, причем преимущественно у пациентов с наращиванием ресниц (разница в показателях у этой подгруппы составила 20,3 %). Ячмень, провоцируемый косметологическим воздействием, первично чаще не носит рецидивирующий характер, в то время как заболевания ЖКТ, на 65,2 % при $p < 0,001$. Данные, полученные с помощью программ искусственного интеллекта при изучении влияния значимости факторов риска развития халязиона, показали, что, по данным значений SHAP в модели LightGBM, наибольшее влияние на развитие рецидивирующего течения халязиона оказали следующие факторы (в убывающем порядке): блефаропластика (1,23), заболевания ЖКТ (0,89), аутоиммунные заболевания (0,52), ботулотоксин (0,48), аллергические реакции в анамнезе (0,25). Полученные данные могут позволить маршрутизировать пациента для проведения дообследования и лечения у профильных специалистов, что повысит эффективность лечения.

Ключевые слова: ячмень, халязион, блефарит, глазная поверхность, заболевания век, факторы риска

Для цитирования: Трубилин В.Н., Полунина Е.Г., Трубилин А.В., Кечин Е.В., Каспарова Е.А., Филоненко А.В., Евстигнеева Ю.В., Ластовская (Чиненова) К.В., Привезенцева Т.А. Факторы риска рецидивирования ячменя или халязиона: междисциплинарный взгляд на проблему. *Офтальмология*. 2026;23(1):22–32. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-22-32>



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

Конфликт интересов отсутствует.

Risk Factors for Recurrence of Barley or Chalazion: an Interdisciplinary Approach to the Problem

V.N. Trubilin¹, E.G. Polunina¹, A.V. Trubilin¹, E.V. Kechin², E.A. Kasparova³, A.V. Filonenko⁴, Yu.V. Evstigneeva⁵, H.V. Lastovskaya (Chinenova)⁶

¹ Academy of Postgraduate Education of FMBA
Volokolamskoye highway, 91, Moscow, 125371, Russian Federation

² S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Beskudnikovskiy Blvd, 59a, Moscow, 127486, Russian Federation

³ Krasnov Research Institute of Eye Diseases
Rossolimo str., 11a, b, Moscow, 119021, Russian Federation

⁴ City Clinical Hospital No. 12, Sormovsky District, Nizhny Novgorod
Pavla Mochalov str., 8, Nizhny Novgorod 603003, Russian Federation

⁵ Ophthalmology Clinic of Dr. Kurenkov
Rublevskoe highway, 48, Moscow, 121609, Russian Federation

⁶ Professor Trubilin's Family Ophthalmology Clinic
Marshal Rybalko str, 2, Bldg. 6, Moscow, 123060, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2026;23(1):22–32

Thus, the study demonstrated that both styes and chalazions are 2.1 times more likely to recur than non-recurring cases. Stye and chalazion were most frequently detected in patients with a history of cosmetic procedures in the periorbital area, followed in descending order by patients with skin diseases and complicated somatic conditions, primarily gastrointestinal diseases. Data analysis is aimed for studying the influence of risk factors on the occurrence of styes revealed clinically significant differences: styes (an acute inflammatory process of the meibomian glands) occur 19.2 % more frequently in patients with a history of cosmetic procedures in the periorbital area, primarily in patients who had eyelash extensions (the difference in rates in this subgroup was 20.3 %). Stye provoked by primary cosmetic procedures is often not recurrent, while skin diseases in patients with stye increase the recurrence rate by 22.4 %, and an aggravated somatic status, in particular gastrointestinal diseases, by 65.2 % at $p < 0.001$. The data obtained through the use of artificial intelligence programs in studying the influence of the significance of risk factors for chalazion development showed that, according to the SHAP values in the LightGBM model, the following factors had the greatest influence on the development of recurrent chalazion (in descending order): blepharoplasty (1.23), gastrointestinal diseases (0.89), autoimmune diseases (0.52), botulinum toxin (0.48), and a history of allergic reactions (0.25). The obtained data can allow routing the patient for additional examination and treatment by specialists, which will increase the effectiveness of the therapy.

Keywords: barley, chalazion, blepharitis, ocular surface, eyelid diseases, risk factors

For citation: Trubilin V.N., Polunina E.G., Trubilin A.V., Kechin E.V., Kasparova E.A., Filonenko A.V., Evstigneeva Yu.V., Lastovskaya (Chinenova) H.V. Risk Factors for Recurrence of Barley or Chalazion: an Interdisciplinary Approach to the Problem. *Ophthalmology in Russia*. 2026;23(1):22–32. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-22-32>

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

There is no conflict of interests.

Лечение пациентов с ячменем и халязионом нередко вызывает значительные затруднения, особенно при рецидивирующем характере течения данного заболевания, которое является полиэтиологичным и, соответственно, требует при лечении междисциплинарного подхода [1–3].

При этом анализ данных научной литературы и клинические наблюдения свидетельствуют о том, что нет единого подхода к маршрутизации пациентов при проведении их дообследования на этапе выявления ключевого

этиологического фактора, влияющего на рецидивирование ячменя и халязиона.

Следует отметить, что в настоящее время существует ограниченное число научных исследований как в отечественной, так и в зарубежной литературе, направленных на изучение данной проблемы, несмотря на высокую распространенность этих заболеваний. В то же время большая часть научных работ посвящена изучению влияния различных заболеваний на развитие блефарита,

при этом ключевые этиологические факторы, по данным различных научных работ, могут отличаться. Исследование, проведенное в России в 2024 г., показало связь хронического блефарита с сердечно-сосудистыми заболеваниями и ишемической болезнью сердца (57,2%), в меньшей степени — с гастродуоденитом и язвенной болезнью желудка или двенадцатиперстной кишки (27,6%), а также остеопорозом (12,3%) [4].

Исследования, проведенные в Израиле, выявили связь блефаритов с низким социально-экономическим статусом населения, проживающего в городах, а также у евреев-ашкенази. Была обнаружена значительная связь блефаритов ($p < 0,001$) с заболеваниями внутренних органов, такими как гастрит, язвенная болезнь желудка, астма, артропатия и язвенный колит, синдром раздраженного кишечника, заболевания сонных артерий, гиперлипидемия, гипертония и ишемическая болезнь сердца, гипотиреоз и гипертрофия предстательной железы. Определена связь между психологическим состоянием и блефаритом (тревожность, невроты и депрессия). Наиболее сильные ассоциации были обнаружены между блефаритом и халязионом, а также, в порядке убывания силы связи, с розацеа, птеригиумом, язвенным колитом, синдромом раздраженного кишечника и тревожностью [5].

В свою очередь, научные работы, направленные на изучение этиологических факторов развития ячменя и халязиона, отмечают наиболее сильную связь с блефаритами различной этиологии, синдромом сухого глаза и заболеваниями кожи (себорея, розацеа и др.), а также заболеваниями желудочно-кишечного тракта, такими как гастрит, синдром раздраженного кишечника, и с аутоиммунными заболеваниями, депрессией, повышенным уровнем тревожности. Анализ данных литературы позволяет сделать вывод о том, что лечение пациентов с ячменем или халязионом должно включать коррекцию соматического статуса и проводиться совместно со специалистами разных профилей [6–10].

Обращает на себя внимание значительное число научных публикаций, свидетельствующих о том, что нередко различные новообразования век, включая злокачественные, могут маскироваться под халязион, поэтому необходимо иметь онконстороженность и направлять пациентов на дообследование к офтальмоонкологу для верификации диагноза [11–14].

В пользу опухоли говорят нетипичная картина воспалительного заболевания, отсутствие болевого синдрома, неэффективность противовоспалительного лечения. При отсутствии уверенности в диагнозе воспалительного заболевания век целесообразно воздерживаться от назначения тепловых процедур, физиотерапии или инъекции глюкокортикостероидов. Все подозрительные на опухоль образования должны подвергаться биопсии с обязательным морфологическим исследованием.

Кроме того, у онкологических пациентов на фоне сниженного иммунитета, в частности на фоне проведения курса химиотерапии, могут развиваться различные

воспалительные заболевания век, включая ячмень и халязион, что необходимо уточнять при сборе анамнеза [15].

Важно отметить, что в настоящее время появилось значительное число новых факторов риска развития воспалительных заболеваний век, включая ячмень и халязион. Например, отмечена связь между ношением защитных масок во время пандемии COVID-19 и повышением заболеваемости халязионом [16, 17].

Кроме того, описаны казуистические случаи смещения мягкой контактной линзы с последующим отеком века, маскирующимся под халязион, что также необходимо учитывать при обследовании пациентов [18].

Отдельное место занимают косметологические процедуры, проводимые в периорбитальной зоне, в первую очередь такие, как блефаропластика, наращивание ресниц и татуаж век, осложнением которых также может стать формирование ячменя и халязиона [19–21].

Необходимо учитывать тот факт, что внутренний ячмень и халязион — патологические процессы, затрагивающие мейбомиевы железы, которые являются гормонозависимыми. В соответствии с этим важно обращать внимание на гормональный фон пациента, страдающего данной патологией, особенно при рецидивирующем характере течения [22].

Таким образом, анализ данных литературы свидетельствует о том, что ячмень и халязион являются многофакторными заболеваниями, которые требуют мультидисциплинарного подхода при выборе тактики лечения. Учитывая появление значительного числа новых факторов риска, таких как косметологические процедуры в периорбитальной зоне, применение лекарственных препаратов, включая прием контрацептивов и антидепрессантов, заместительная гормональная терапия, ношение контактных линз и др., в настоящем исследовании предпринята попытка выявить ключевые факторы риска развития ячменя и халязиона, обуславливающие рецидивирующий характер течения данной патологии.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

В исследование включены 102 пациента с диагнозами «ячмень» (35 человек) и «халязион» (67 человек), поставленными в соответствии с МКБ-10 (H00.0 — гордеолум и другие глубокие воспаления век, H00.1 — халязион). Из них мужчин — 32, женщин — 70. Критерии включения: пациенты с диагнозами «ячмень» и «халязион» в возрасте от 19 до 83 лет. Критерии невключения: острые воспалительные заболевания глазной поверхности, нарушение целостности эпителия роговицы, ранний послеоперационный период после офтальмохирургического вмешательства, глаукома, наличие интраокулярных патологических изменений (гемофтальм, отслойка оболочек глаза, новообразования), воспалительные заболевания сосудистой оболочки глаза — иридоциклит, увеит. Критерии исключения: несоблюдение протокола исследования.

Все пациенты были разделены на 2 группы: 1-я группа — пациенты с рецидивирующим ячменем и халязионом — 69;

2-я группа (контрольная) — пациенты без рецидивов ячменя и халязиона — 33. Следует отметить, что в случае ячменя и халязиона рецидивирование предполагает вовлеченность в патологический процесс не только одной и той же мейбомиевой железы, но и одноименных желез, расположенных в верхнем и нижнем веках правого и левого глаза.

Всем пациентам, вошедшим в исследование, проведено стандартное офтальмологическое исследование, которое включало сбор анамнеза, фиксацию в разработанный в ходе исследования опросник факторов риска развития ячменя и халязиона в соответствии с федеральными клиническими рекомендациями «Воспалительные заболевания век»¹. К факторам риска отнесены: изменения в соматическом статусе (аутоиммунные заболевания, аллергические заболевания в анамнезе, заболевания желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), сахарный диабет, заболевания щитовидной железы); терапия сопутствующих заболеваний (заместительная гормональная терапия, прием контрацептивов, антидепрессантов); косметологические процедуры в периорбитальной зоне в анамнезе (блефаропластика, наращивание ресниц, инъекции ботулотоксина с эстетической целью, татуаж век); заболевания кожи (угревая сыпь, псориаз, розацея); ношение контактных линз (до и более 6 часов в день), травмы глаза и операции на глазах.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Первичные данные заносили в электронную таблицу Microsoft Excel. Обработку данных проводили с использованием языка программирования Python 3 и прикладных библиотек Pandas и SciPy. Характер распределения данных оценивали с использованием критерия Шапиро — Уилка. Сравнение количественных данных между двумя независимыми выборками проводили с использованием критерия Манна — Уитни. Сравнение качественных признаков между независимыми группами выполняли с использованием критерия хи-квадрат (в том числе с поправкой Йейтса) и точного критерия Фишера. Результаты представлены в виде Me (Q1; Q3), где Me — медиана, Q1 и Q3 — нижний и верхний квартили соответственно, и в виде $M \pm SD$, где M — среднее значение, SD — стандартное отклонение, а также в виде абсолютных значений и процентов, рассчитывали минимальное (Min) и максимальное (Max) значения. Статистически значимыми принимали различия, при которых $p < 0,05$.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Разработку моделей машинного обучения для бинарной классификации проводили с использованием библиотек LightGBM и XGBoost для языка программирования Python 3. Для каждой модели машинного обучения осуществляли подбор гиперпараметров с использованием

кросс-валидации на пяти подвыборках с использованием класса GridSearchCV, оптимизировали метрику ROC AUC. Для решения вопроса с дисбалансом классов в модели LightGBM использовали параметр «class_weight» с аргументом «balanced», в модели XGBoost — параметр «scale_pos_weight» с отношением количества наблюдений отрицательного класса к положительному. Рассчитывали следующие метрики качества моделей: Accuracy, ROC AUC, Recall (чувствительность), Precision (PPV — Positive Predictive Value — положительная прогностическая ценность), отрицательная прогностическая ценность (NPV — Negative Predictive Value), F1-score, специфичность, положительное и отрицательное отношение правдоподобия (Likelihood ratio: LR+, LR-). Целевой была метрика ROC AUC. Рассчитывали точку Юдена — оптимальный порог для разделения на положительный и отрицательный классы. Метрики качества рассчитывали с учетом точки Юдена. Оценку важности признаков моделей машинного обучения и интерпретацию результатов проводили с использованием библиотеки SHAP. Построение графиков осуществляли с использованием библиотек Seaborn, Matplotlib и SHAP.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе исследования проведен статистический анализ данных (встречаемость рецидивирующего и безрецидивного течения, факторов риска) в общей группе пациентов с ячменем и халязионом, кроме того, проанализированы те же показатели отдельно по группам: пациенты с ячменем и пациенты с халязионом.

Рецидивирующий характер течения отмечен у 67,6 % из общего числа пациентов, вошедших в исследование. При этом в группе пациентов с ячменем рецидивирование выявлено у 65,7 %, а в группе пациентов с халязионом — у 68,7 %. Следовательно, чаще всего как ячмень, так и халязион носит рецидивирующий характер течения (рис. 1).

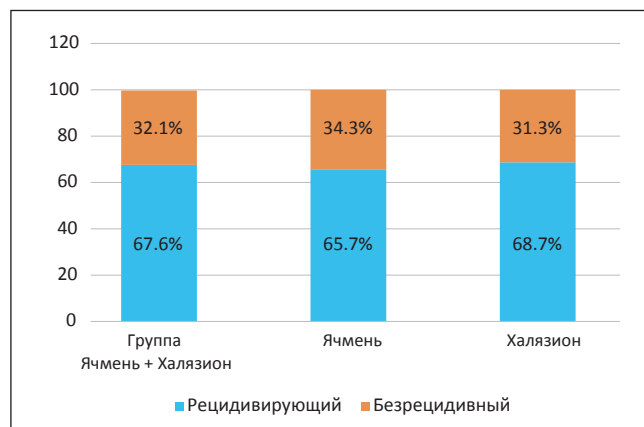


Рис. 1. Частота рецидивирующего и безрецидивного течения ячменя и халязиона

Fig. 1. Frequency of barley and chalazion recurrent and non-recurrent course

¹ <https://avo-portal.ru/doc/fkr/item/572-vospalitelnye-zabolevaniya-vek>

Результаты, полученные при анализе встречаемости факторов риска среди общего числа пациентов, вошедших в исследование, показали, что чаще всего диагнозы ячменя и халязиона выявляются у пациентов с косметологическими процедурами в периорбитальной зоне в анамнезе (блефаропластика, наращивание ресниц, инъекции ботулотоксина с эстетической целью, татуаж век) — 41,2%; далее при заболеваниях кожи (угревая сыпь, псориаз, розацея) — 39,2%; отягощенном соматическом статусе (аутоиммунные заболевания, аллергические реакции в анамнезе, заболевания желудочно-кишечного тракта, сахарный диабет, заболевания щитовидной железы) — 38,2%; травмах и глазных операциях в анамнезе — 29,4%; при приеме лекарственных средств на постоянной основе (заместительная гормональная терапия, контрацептивы, антидепрессанты) — 27,5% и использовании контактных линз — 11,8%. Соответственно, чаще всего ячмень и халязион выявлялись у пациентов с косметологическими процедурами в периорбитальной зоне в анамнезе, с заболеваниями кожи и отягощенным соматическим статусом (рис. 2).

Детализация показателей встречаемости факторов риска в общей группе пациентов позволила определить, что чаще всего ячмень и халязион выявляются при нарушении соматического статуса, а именно: при заболеваниях желудочно-кишечного тракта, наличии косметологического воздействия в периорбитальной зоне в виде татуажа век, при заболеваниях кожи, таких как угревая сыпь, а также наличии травм и глазных операций, включая блефаропластику (рис. 3). Полученные данные подтверждают ранее проведенные исследования и еще раз подчеркивают важность направления пациентов на консультацию к гастроэнтерологу для проведения дообследования и корректировки состояния ЖКТ, от которого зависят все обменные процессы в организме, включая секреторную активность мейбомиевых желез.

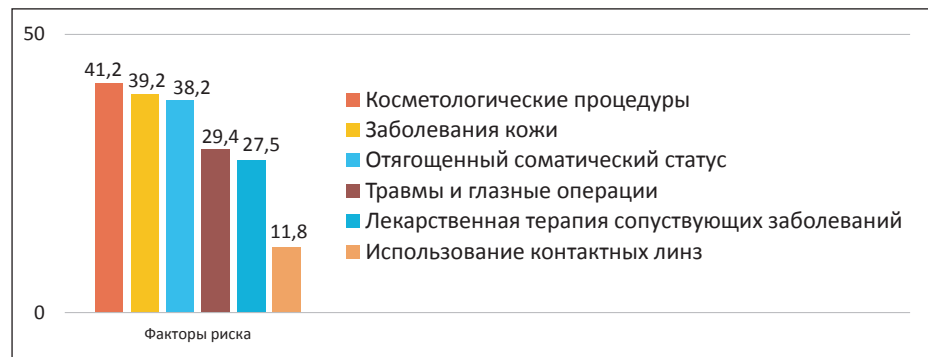


Рис. 2. Встречаемость факторов риска ячменя и халязиона, объединенных в группы

Fig. 2. Occurrence for barley and chalazion risk factors, combined into groups



Рис. 3. Распределение всех пациентов с ячменем и халязионом по исследуемым показателям

Fig. 3. Distribution of all patients with barley and chalazion according to the studied indicators

Обратили на себя внимание клинически значимые различия при сравнении результатов, полученных при обследовании пациентов, использующих контактные линзы больше и меньше 6 часов в день. Встречаемость данного фактора риска в группе пациентов, применяющих контактные линзы более 6 часов в день, превышала аналогичный показатель в 4,9 раза при сравнении с пациентами, использующими контактные линзы менее 6 часов в день. Следовательно, можно предположить, что длительное применение контактных линз, а именно более 6 часов в день, может провоцировать развитие ячменя или халязиона, возможно, из-за механического воздействия на мейбомиевые железы, что приводит к нарушению оттока секрета и образованию пробок в их протоках.

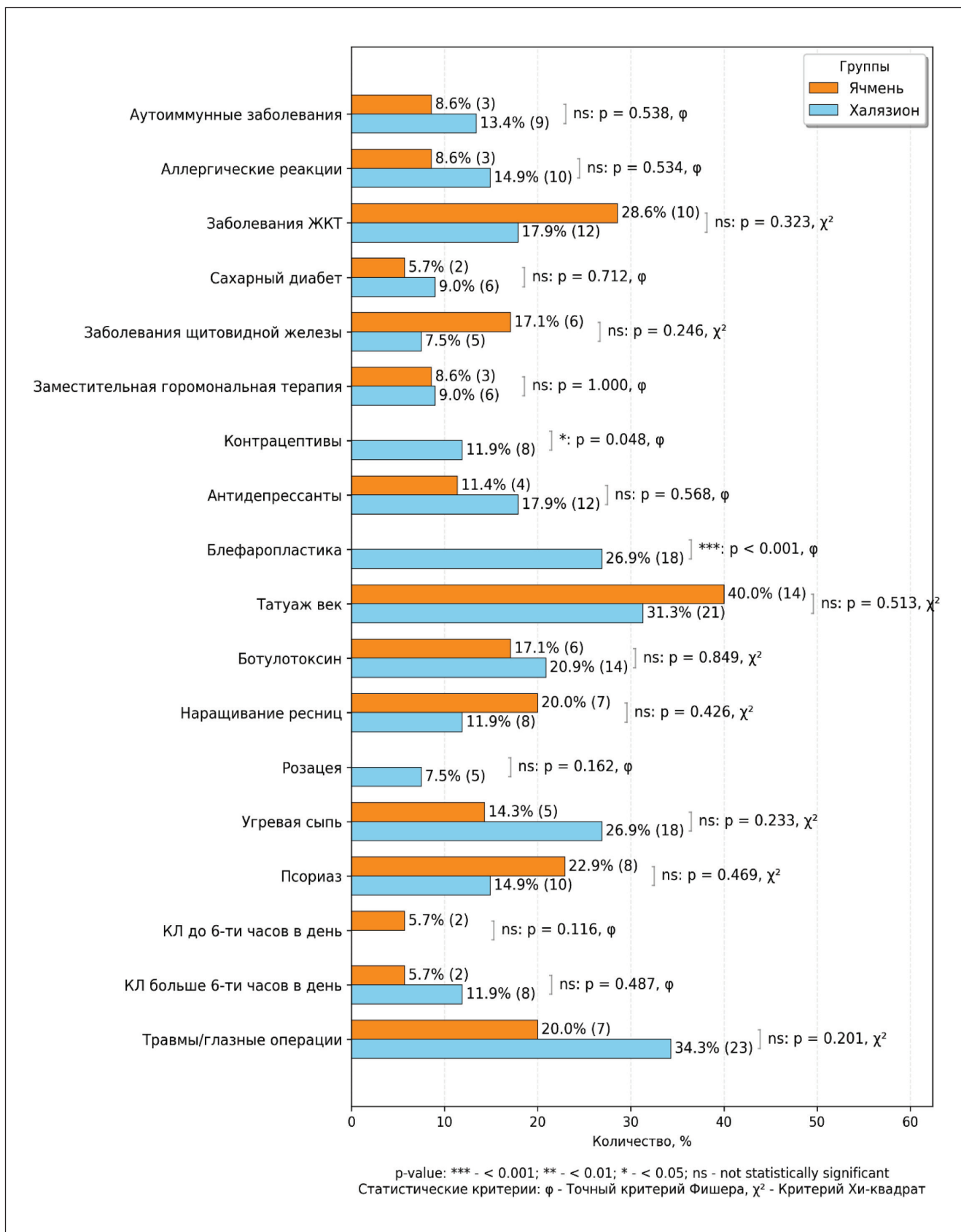


Рис. 4. Распределение пациентов с ячменем и халязионом по исследуемым показателям

Fig. 4. Distribution of patients with barley and chalazion according to the studied indicators

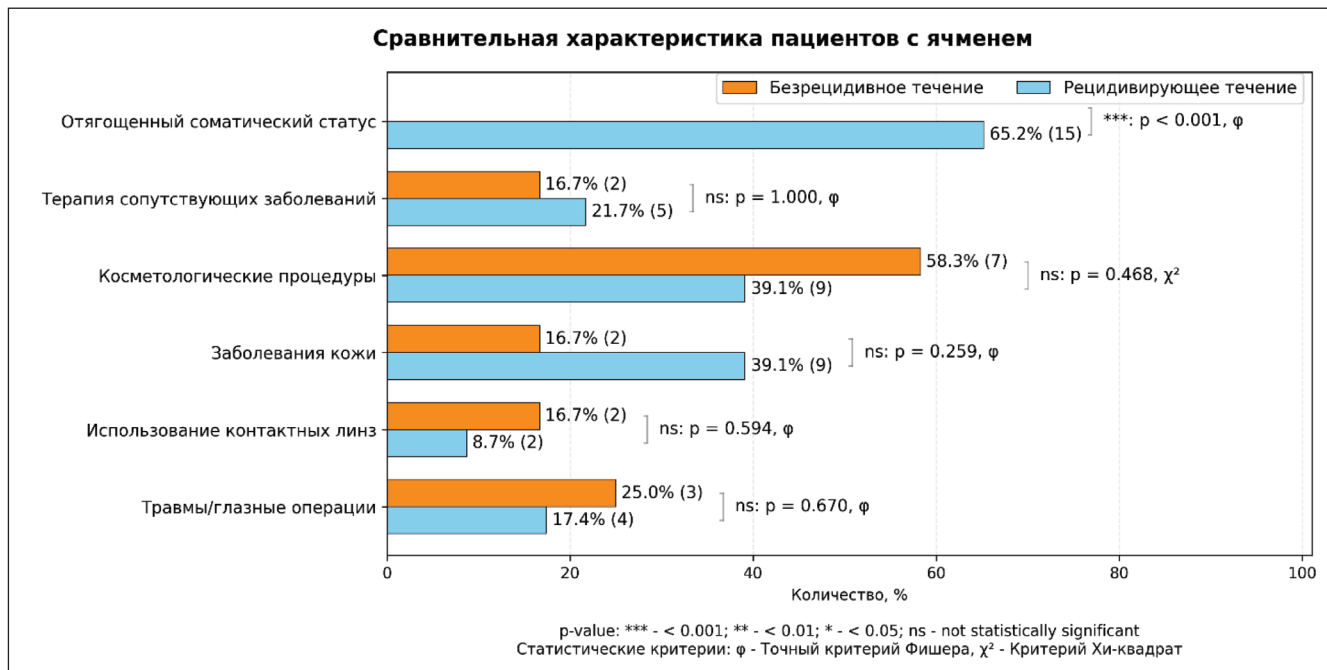


Рис. 5. Распределение пациентов с безрецидивным и рецидивирующим течением ячменя по группам исследуемых показателей

Fig. 5. Distribution of patients with non-recurrent and recurrent stye by groups of studied indicators

Далее был проведен сравнительный анализ факторов риска между группами пациентов с ячменем и с халязионом. Выявлено, что у пациентов с халязионом статистически значимо чаще встречается блефаропластика ($p < 0,001$, точный критерий Фишера) и применение контрацептивов ($p = 0,048$, точный критерий Фишера). Определено, что применение контрацептивов — известного фактора риска, провоцирующего дисфункцию мейбомиевых желез за счет гормональных нарушений, — тоже чаще провоцирует формирование халязиона по сравнению с ячменем (рис. 4). По другим показателям между пациентами с ячменем и халязионом статистически значимых различий не выявлено ($p > 0,05$). Следовательно, блефаропластика и прием гормональной терапии, а именно контрацептивов, в большей степени влияет на развитие халязиона. В случае блефаропластики в анамнезе это может быть связано с нарушением кровообращения век в ходе оперативного вмешательства, соответственно, с нарушением кровообращения мейбомиевых желез и изменением анатомической архитектоники века. Таким образом, по сравнению с пациентами с ячменем (острым воспалительным процессом) проведение блефаропластики и прием гормональной терапии в виде контрацептивов может быть фактором риска развития халязиона, по сути, хроническим патологическим процессом.

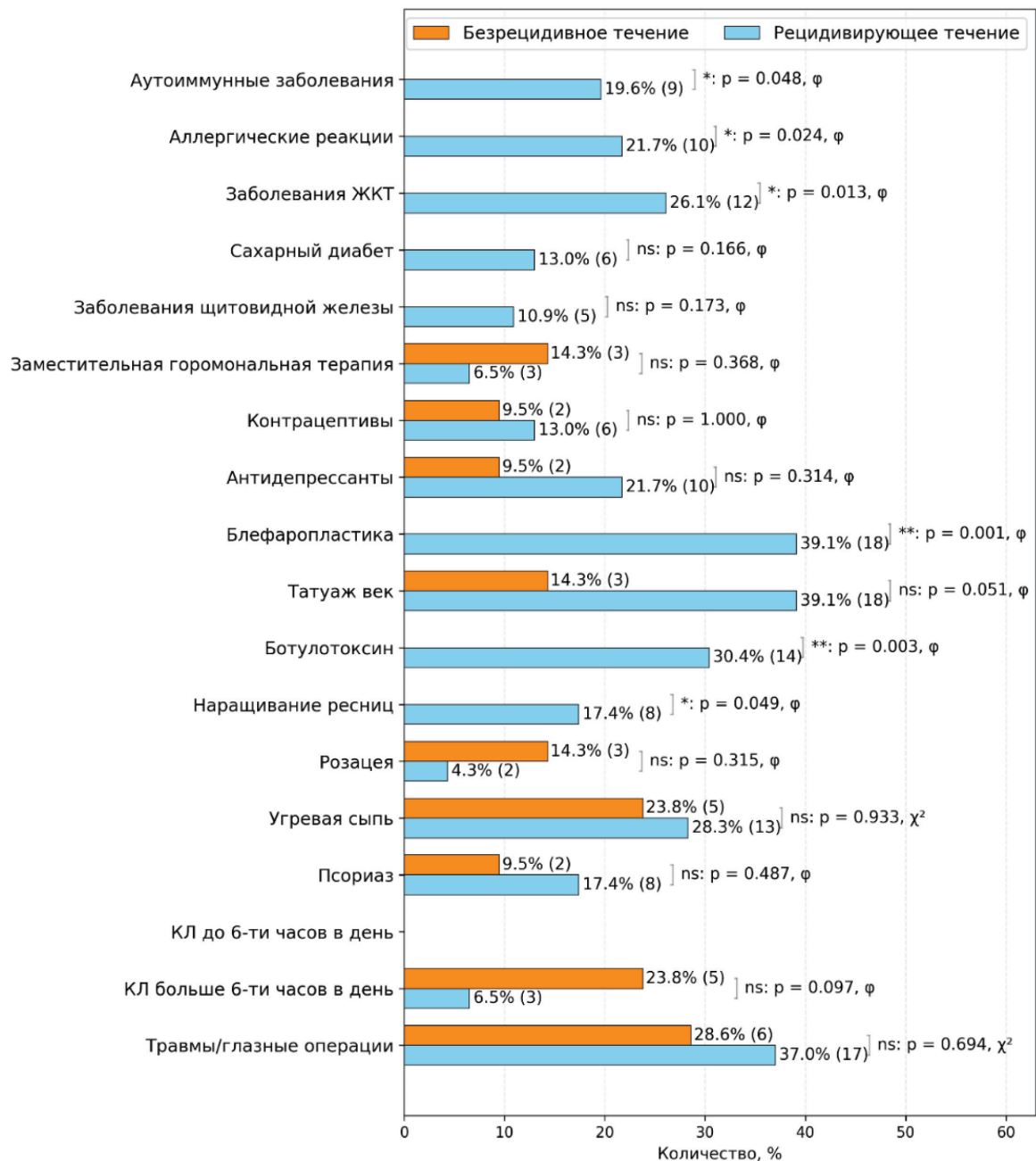
В группе пациентов с ячменем проведен сравнительный анализ между показателями безрецидивного и рецидивирующего течения данного острого патологического процесса. Выявлено, что в группе с рецидивирующим течением ячменя статистически значимо чаще встречался отягощенный соматический статус,

в частности заболевания ЖКТ, по сравнению с пациентами с безрецидивным течением ($p < 0,05$, точный критерий Фишера) (рис. 5). По другим исследуемым параметрам группы с безрецидивным и рецидивирующим течением ячменя статистически значимо не различались ($p > 0,05$). Следовательно, рецидивирующее течение ячменя ассоциировано с нарушением соматического статуса преимущественно у пациентов с заболеваниями ЖКТ.

Однако обращают на себя внимание клинически значимые различия между показателями встречаемости рецидивирующего и безрецидивного течения ячменя у пациентов с косметологическим воздействием в анамнезе. Частота встречаемости первично выявленного ячменя у пациентов с косметологическими процедурами в анамнезе на 19,2% выше в группе с безрецидивным течением ячменя, причем преимущественно у пациентов с наращиванием ресниц (разница в показателях у этой подгруппы составила 20,3%). Кроме того, отмечена клинически значимая разница при сравнительном анализе встречаемости заболеваний кожи, которая превышала аналогичный показатель у пациентов с рецидивирующим течением на 22,4%. Полученные данные позволяют предположить, что косметологическое воздействие в периорбитальной зоне может провоцировать острый воспалительный процесс в мейбомиевых железах — ячмень, а наличие хронических кожных заболеваний может стать причинной его рецидивов.

Полученные данные дают возможность определить основные направления для проведения дообследования пациентов с рецидивирующим ячменем: консультация гастроэнтеролога и дерматолога, а также,

Сравнительная характеристика пациентов с халязионом



p-value: *** - < 0.001 ; ** - < 0.01 ; * - < 0.05 ; ns - not statistically significant
 Статистические критерии: φ - Точный критерий Фишера, χ^2 - Критерий Хи-квадра

Рис. 6. Распределение пациентов с безрецидивным и рецидивирующим течением халязиона по исследуемым показателям

Fig. 6. Distribution of patients with non-recurrent and recurrent chalazion according to the studied indicators

по возможности, исключить применение косметологических процедур в периорбитальной зоне, проводимых с эстетической целью.

В группе с рецидивирующим течением халязиона статистически значимо чаще встречались аутоиммунные заболевания, аллергические реакции, заболевания ЖКТ

($p < 0,05$, точный критерий Фишера) (рис. 6). Следовательно, спектр хронических заболеваний, связанных в том числе с нарушением иммунного статуса, у пациентов с халязионом был гораздо шире, чем у пациентов с ячменем, что предполагает комплексное дообследование пациентов с рецидивирующим халязионом, включая консультацию

иммунолога. Кроме того, выявлены статистически значимые различия у пациентов с рецидивирующим течением халязиона с блефаропластикой, инъекциями ботулотоксина в периорбитальной зоне с эстетической целью и наращиванием ресниц ($p < 0,05$, точный критерий Фишера).

Учитывая наличие ряда показателей, по которым группы с безрецидивным и рецидивирующим течением халязиона статистически значимо различаются, на следующем этапе исследования принято решение разработать модель машинного обучения на основании данных признаков для определения вклада каждого фактора в прогноз развития рецидивирующего течения халязиона.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВАЖНОСТИ ФАКТОРОВ РИСКА РЕЦИДИВИРУЮЩЕГО ТЕЧЕНИЯ ХАЛЯЗИОНА

Целевой переменной при разработке моделей машинного обучения для определения важности факторов риска рецидивирующего течения халязиона был показатель отсутствия (отрицательный класс, кодировали значением «0») или наличие рецидива (положительный класс, кодировали значением «1») халязиона у пациента. В качестве предикторов использовали следующие показатели: аутоиммунные заболевания, аллергические реакции, заболевания ЖКТ, блефаропластика, ботулотоксин и наращивание ресниц, которые кодировали 0 в случае отсутствия признака и 1 — в случае наличия.

Лучшей моделью по целевой метрике явилась модель LightGBM (ROC AUC = $0,91 \pm 0,05$, чувствительность = $0,83 \pm 0,10$, специфичность = $1,00 \pm 0,00$), что можно интерпретировать как модель отличного качества (ROC AUC > 0,90).

На следующем этапе исследования определяли важность предикторов в модели LightGBM для прогноза развития рецидивирующего течения халязиона на основании значений SHAP. Выявлено, что наиболее важными факторами являются (в убывающем порядке): блефаропластика, заболевания ЖКТ, аутоиммунные заболевания, инъекции ботулотоксина, аллергические реакции. Показатель наращивания ресниц не показал влияния на прогноз течения халязиона, что можно объяснить тем, что данная процедура не является инвазивной, и при ее устранении фактор риска нивелируется (рис. 7).

Установлено, что, по данным значений SHAP в модели LightGBM, наибольшее влияние на развитие рецидивирующего течения халязиона оказали следующие факторы (в убывающем порядке): блефаропластика (1,23), заболевания ЖКТ (0,89), аутоиммунные заболевания (0,52), ботулотоксин (0,48), аллергические реакции в анамнезе (0,25).

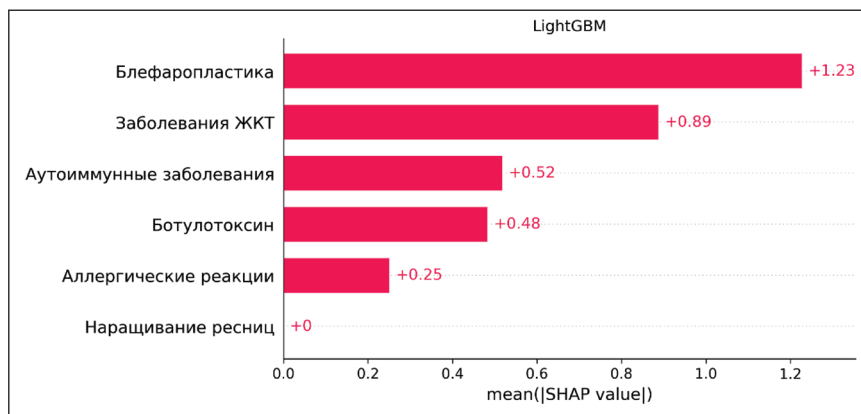


Рис. 7. Важность признаков на основе средних значений SHAP-value в модели LightGBM для прогноза развития рецидивирующего течения халязиона

Fig. 7. The importance of features based on the average SHAP-value in the LightGBM model for predicting the development of recurrent chalazion

Полученные данные, свидетельствующие о том, что факт наибольшего влияния на развитие халязиона связан с блефаропластикой, представляют большой интерес в связи с тем, что распространенность блефаропластики возрастает с каждым годом и не все осложнения данного оперативного вмешательства учитывают при его проведении, особенно пластические хирурги, не имеющие офтальмологической аккредитации.

На базе проведенного в ходе исследования статистического анализа разработана программа «Веб-сервис», позволяющая рассчитать степень риска развития рецидивирующего течения халязиона, которая будет доступна для применения в клинической практике в электронных ресурсах (рис. 8).

Веб-сервис для прогноза течения халязиона

Модель для прогноза: XGBoost LightGBM

Порог принятия решения для прогноза: Оптимальный - точка Юдена Стандартный - 0,500

Факторы риска у пациента

Аутоиммунные заболевания: Нет Да

Аллергические реакции: Нет Да

Заболевания ЖКТ: Нет Да

Блефаропластика в анамнезе: Нет Да

Инъекции ботулотоксина в периорбитальной зоне в анамнезе: Нет Да

Наращивание ресниц на момент осмотра: Нет Да

Прогноз: **Рецидивирующее течение халязиона**

Расчитанная вероятность: **0.901** Порог принятия решения: **0.500**

Рис. 8. Клинический пример расчета риска прогноза течения халязиона на веб-сервисе

Fig. 8. Clinical example of the chalazion prognosticating risk on the Web service

ОГРАНИЧЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Клинические наблюдения за пациентами с ячменем и халязионом свидетельствуют о том, что распространенность данной патологии увеличилась в последние десятилетия. Однако, учитывая отсутствие в открытом доступе, включая федеральные клинические рекомендации по воспалительным заболеваниям век, статистических данных по распространенности ячменя и халязиона, нет возможности достоверно зафиксировать динамику этого процесса. Проведенное исследование показало, что весомый вклад в развитие ячменя и халязиона приносят косметологические процедуры в периорбитальной зоне — в частности, блефаропластика, инъекции ботулотоксина в периорбитальной зоне и наращивание ресниц, неуклонный рост которых носит в настоящее время практически эпидемический характер. Вышеуказанные данные позволяют сделать предположение, что именно косметологические процедуры в первую очередь могут влиять на увеличение числа встречаемости ячменя и халязиона в клинической практике и требуют дальнейшего изучения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведенное исследование показало, что как ячмень, так и халязион имеют рецидивирующий характер в 2,1 раза чаще, чем безрецидивное течение. Чаще всего ячмень и халязион выявлялись у пациентов с косметологическими процедурами в периорбитальной зоне в анамнезе, далее (в убывающем порядке) — у пациентов с заболеваниями кожи и отягощенным соматическим статусом, преимущественно у пациентов с заболеваниями ЖКТ. Анализ данных, направленный на изучение влияния факторов риска на возникновение

ячменя, выявил клинически значимые различия: ячмень (острый воспалительный процесс мейбомиевых желез) на 19,2 % возникает чаще у пациентов с косметологическим воздействием в периорбитальной зоне в анамнезе, причем преимущественно у пациентов с наращиванием ресниц (разница в показателях у этой подгруппы составила 20,3 %). Ячмень, провоцируемый косметологическим воздействием, первично чаще не носит рецидивирующий характер, в то время как заболевания кожи у пациентов с ячменем повышают частоту его рецидивирования на 22,4 %, а отягощенный соматический статус, в частности заболевания ЖКТ, — на 65,2 % при $p < 0,001$. Данные, полученные с помощью программ искусственного интеллекта при изучении влияния значимости факторов риска развития халязиона, показали, что по значениям SHAP в модели LightGBM наибольшее влияние на развитие рецидивирующего течения халязиона оказали следующие факторы (в убывающем порядке): блефаропластика (1,23), заболевания ЖКТ (0,89), аутоиммунные заболевания (0,52), ботулотоксин (0,48), аллергические реакции в анамнезе (0,25). Полученные данные могут позволить маршрутизировать пациента для проведения дообследования и лечения у профильных специалистов, что повысит эффективность его лечения.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Трубилин В.Н. — научное редактирование;
Полунина Е.Г. — сбор и обработка материала, написание текста;
Трубилин А.В. — сбор и обработка материала;
Кечин Е.В. — сбор и обработка материала;
Каспарова Е.А. — сбор материалов;
Филоненко А.В. — сбор и обработка материала, написание текста;
Евстигнеева Ю.В. — сбор и обработка материала;
Ластовская (Чиненова) К.В. — сбор и обработка материала;
Привезенцева Т.А. — сбор и обработка материала.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Mansour A, Kerman T, Amitai N, Zunz E, Khalaila S, Hazan I, Tsumi E. The relationship between involutional ectropion and inflammatory disorders of the eyelids and ocular surface: insights from a large-scale national study. *Sci Rep*. 2025 Feb 3;15(1):4059. doi: 10.1038/s41598-025-88138-6.
- Kim ES, Afshin EE, Elahi E. The lowly chalazion. *Surv Ophthalmol*. 2023 Jul-Aug;68(4):784–793. doi: 10.1016/j.survophthal.2022.11.002.
- Loth C, Miller CV, Haritoglou C, Messmer ESBM. Hordeolum und Chalazion: (Differential-)Diagnose und Therapie [Hordeolum and chalazion: (Differential) diagnosis and treatment]. *Ophthalmologe*. 2022 Jan;119(1):97–108. German. doi: 10.1007/s00347-021-01436-y.
- Казанцева ЭП, Фролов АМ, Фролов МА, Шидловская ЕФ, Вихорева ВА. Сопутствующая патология у пациентов с хроническим блефаритом. Точка зрения. Восток — Запад. 2024;11(3):11–14. doi: 10.25276/2410-1257-2024-3-11-14. Kazantseva EP, Frolov AM, Frolov MA, Shidlovskaya EF, Vikhoreva VA. Comorbidity in patients with chronic blepharitis. Point of view. East — West. 2024;11(3):11–14 (In Russ.). doi: 10.25276/2410-1257-2024-3-11-14.
- Nemet AY, Vinker S, Kaiserman I. Associated morbidity of blepharitis. *Ophthalmology*. 2011 Jun;118(6):1062–1068. doi: 10.1016/j.ophtha.2010.10.015.
- Patel S, Tohne N, Gorrin E, Kumar N, Goldhagen B, Galor A. Prevalence and risk factors for chalazion in an older veteran population. *Br J Ophthalmol*. 2022 Sep;106(9):1200–1205. doi: 10.1136/bjophthalmol-2020-318420.
- Nemet AY, Vinker S, Kaiserman I. Associated morbidity of chalazia. *Cornea*. 2011 Dec;30(12):1376–1381. doi: 10.1097/ICO.0b013e31821de36f.
- Park JK, Vyas C, Dagi Glass LR. Chalazia: A Scoping Review to Identify the Evidence Behind Treatments. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg*. 2025 Mar-Apr 01;41(2):134–142. doi: 10.1097/IOP.0000000000002840.
- Alsoudi AF, Ton L, Ashraf DC, Idowu OO, Kong AW, Wang L, Kersten RC, Winn BJ, Grob SR, Vagefi MR. Efficacy of Care and Antibiotic Use for Chalazia and Hordeola. *Eye Contact Lens*. 2022 Apr 1;48(4):162–168. doi: 10.1097/ICL.0000000000000859.
- Suzuki T, Katsuki N, Tsutsumi R, Uchida K, Ohashi K, Eishi Y, Kinoshita S. Reconsidering the pathogenesis of chalazion. *Ocul Surf*. 2022 Apr;24:31–33. doi: 10.1016/j.jtos.2021.12.010.
- Gerber DM, Meyer P, Messerli JO, Piffaretti JM, Haefliger IO. Maskerade eines Talgdrüsenkarzinoms durch ein rasch rezidivierendes "Chalazion", eine Kasuistik [Masquerade of sebaceous gland carcinoma as a rapidly recurring "chalazion", a case report]. *Klin Monbl Augenheilkd*. 2001 May;218(5):391–393. German. doi: 10.1055/s-2001-15909.
- Dhaliwal U, Arora VK, Singh N, Bhatia A. Cytopathology of chalazia. *Diagn Cytopathol*. 2004 Aug;31(2):118–122. doi: 10.1002/dc.20092.
- Sahu SK, Sen S, Poddar C. Sebaceous Gland Carcinoma of Lid: Masquerading as a Recurring Chalazion. *Int J Appl Basic Med Res*. 2021 Apr-Jun;11(2):117–119. doi: 10.4103/ijabmr.IJABMR_652_20.
- Nemoto R, Usui Y, Komatsu H, Tsubota K, Sugawara R, Nagao T, Goto H. Immunophenotypic profiles in chalazion and pyogenic granuloma associated with chalazion. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2024 Apr;262(4):1329–1335. doi: 10.1007/s00417-023-06304-w.
- Тришина ЕЕ. Воспалительные заболевания век с позиции офтальмоонколога. РМЖ. Клиническая офтальмология. 2017;3:190–193 (In Russ.). Grishina EE. Inflammatory eyelid diseases from an ophthalmic oncologist's perspective. *RMJ. Clinical ophthalmology*. 2017;3:190–193.
- Silkiss RZ, Paap MK, Ugradar S. Increased incidence of chalazion associated with face mask wear during the COVID-19 pandemic. *Am J Ophthalmol Case Rep*. 2021 Jun;22:101032. doi: 10.1016/j.ajoc.2021.101032.
- Koshevarova VA, Westenhaber ZK, Schmitz-Brown M, McKinnon BJ, Merkley KH, Gupta PK. Blepharconjunctivitis and Otolaryngological Disease Trends in the Context of Mask Wearing during the COVID-19 Pandemic. *Clin Pract*. 2022 Aug 11;12(4):619–627. doi: 10.3390/clinpract12040065.
- Agarwal PK, Ahmed TY, Diaper CJ. Retained soft contact lens masquerading as a chalazion: a case report. *Indian J Ophthalmol*. 2013 Feb;61(2):80–81. doi: 10.4103/0301-4738.107202.
- Francisco ZM, Carlos RD, Santiago OP, Rahul RA, Jose-Luis TC, Joaquín F. Refractive changes associated with oculoplastic surgeries: A scoping review. *Eur J Ophthalmol*. 2025 Jan;35(1):23–28. doi: 10.1177/11206721241247422.
- Gordon AA, Daneck DJ, Phelps PO. Common inflammatory and infectious conditions of the eyelid. *Dis Mon*. 2020 Oct;66(10):101042. doi: 10.1016/j.disamonth.2020.101042.

V.N. Trubilin, E.G. Polunina, A.V. Trubilin, E.V. Kechin, E.A. Kasparova, A.V. Filonenko...

Contact information: Polunina Elisaveta G. Ipulunina@mail.ru

31

Risk Factors for Recurrence of Barley or Chalazion: an Interdisciplinary Approach to the Problem

21. Griffin S, Butterfield S, Silkiss RZ. Association between the COVID-19 pandemic and granuloma formation following lower blepharoplasty. *Am J Ophthalmol Case Rep.* 2024 Nov 5;36:102219. doi: 10.1016/j.ajoc.2024.102219.
22. Трубилин ВН, Полунина ЕГ, Анджелова ДВ, Евстигнеева ЮВ, Чиненова КВ. Влияние беременности на функциональное состояние мейбомиевых желез и слезопродукцию. *Офтальмология.* 2018;15(2):151–159.

Trubilin VN, Polunina EG, Andzhelova DV, Evstigneeva YuV, Chinenova KV. The Functional State of Meibomian Glands and Tear Production in Pregnant Women. *Ophthalmology in Russia.* 2018;15(2):151–159 (In Russ.). doi: 10.18008/1816-5095-2018-2-151-159.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Трубилин Владимир Николаевич
доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой офтальмологии

Полунина Елизавета Геннадьевна
доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры офтальмологии
<https://orcid.org/0000-0002-8551-0661>

Трубилин Александр Владимирович
кандидат медицинских наук, доцент кафедры офтальмологии
<https://orcid.org/0009-0003-5112-5321>

Кечин Евгений Владимирович
кандидат медицинских наук, магистр прикладных математики
и физики, начальник отдела реализации инновационных программ,
трансфера и коммерциализации технологий
<https://orcid.org/0000-0002-6732-1226>

Каспарова Евгения Аркадьевна
кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник

Филоненко Александра Вячеславовна
врач-офтальмолог, заведующая офтальмологическим отделением

Евстигнеева Юлия Владимировна
кандидат медицинских наук, офтальмолог

Чиненова Ксения Владимировна
кандидат медицинских наук, врач офтальмолог

Привезенцева Татьяна Альбертовна
главный врач ООО «Клиника семейной офтальмологии»

ABOUT THE AUTHORS

Trubilin Vladimir N.
MD, Professor, Head of the of Ophthalmology Department

Polunina Elizabet G.
MD, Professor, Professor of the of Ophthalmology Department
<https://orcid.org/0000-0002-8551-0661>

Trubilin Alexander. V.
PhD, Associate Professor of the of Ophthalmology Department
<https://orcid.org/0009-0003-5112-5321>

Kechin Evgeny V.
PhD, Master of Applied Mathematics and Physics, head
of the Department for Implementation of Innovation Programs,
Transfer and Commercialization of Technologies
<https://orcid.org/0000-0002-6732-1226>

Kasparova Evgeniya A.
PhD, senior research officer

Filonenko Alexandra V.
ophthalmic surgeon, head of the Ophthalmology Department

Yulia V. Evstigneeva
PhD, ophthalmologist

Ksenia V. Chinenova
PhD, ophthalmologist

Privezentseva Tatyana A.
chief physician of the Family Ophthalmology Clinic

Новая рефракционная интраокулярная линза с расширенной глубиной фокуса: первый опыт имплантации

К.Б. Першин^{1,2}Н.Ф. Пашинова^{1,2}А.Ю. Цыганков¹И.В. Косова¹

¹ Офтальмологический центр «Эксимер»

ул. Марксистская, 3, стр. 1, Москва, 109147, Российская Федерация

² Академия постдипломного образования ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр»

Федерального медико-биологического агентства

Волоколамское шоссе, 91, Москва, 125371, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2026;23(1):33-39

Цель: анализ краткосрочных (до 3 месяцев) клинико-функциональных результатов имплантации новой модели рефракционной интраокулярной линзы с расширенной глубиной фокуса (EDOF-ИОЛ). **Пациенты и методы.** В одноцентровое проспективное исследование были включены 20 пациентов (31 глаз), перенесших имплантацию интраокулярной линзы (ИОЛ) TECNIS PureSee® (Johnson & Johnson, США). Из них 11 пациентам выполнена билатеральная, а 9 — монолатеральная имплантация. Средний срок динамического наблюдения составил $2,6 \pm 0,5$ месяца (в пределах от 2 до 4 месяцев). **Результаты.** Показано значимое ($p < 0,05$) увеличение НКОЗб с $0,21 \pm 0,03$ до $0,65 \pm 0,11$, НКОЗс с $0,24 \pm 0,05$ до $0,89 \pm 0,13$, НКОЗд с $0,27 \pm 0,05$ до $0,96 \pm 0,15$, МКОЗс с $0,52 \pm 0,08$ до $0,97 \pm 0,19$ и МКОЗд с $0,67 \pm 0,15$ до $1,0 \pm 0,14$ до операции и через 1 месяц наблюдений соответственно. МКОЗб увеличилась с $0,54 \pm 0,09$ до $0,79 \pm 0,14$ (различия значимы на уровне тенденции, $0,05 < p < 1,0$). После имплантации ИОЛ TECNIS PureSee® было зафиксировано статистически значимое снижение сферического эквивалента с $-2,5 \pm 1,2$ до $-0,14 \pm 0,69$ D через один месяц наблюдения. Субъективные жалобы на оптические феномены отмечены у 10 % пациентов (2/20): у одного (5 %) регистрировались блики (*glare*), у другого (5 %) — ореолы (*halo*). При этом ни один пациент не сообщал о трудностях с вождением автомобиля в темное время суток, и лишь одному (5 %) потребовалась очковая коррекция для чтения. Уровень удовлетворенности был исключительно высоким: все 20 пациентов (100 %) оценили исход операции на отлично и выразили готовность рекомендовать данную ИОЛ. **Заключение.** Данная работа представляет первый в Российской Федерации опыт клинического применения новой рефракционной интраокулярной линзы с расширенной глубиной фокуса (TECNIS PureSee®) на выборке из 20 пациентов (31 глаз). Полученные данные свидетельствуют о высокой эффективности данной модели на всех расстояниях при минимальной частоте нежелательных оптических явлений, что привело к исключительно высокому уровню удовлетворенности пациентов. Для определения четких показаний и места данной ИОЛ в хирургической практике необходимы дальнейшие проспективные сравнительные исследования с другими моделями монофокальных, мультифокальных линз, а также ИОЛ типа EDOF.

Ключевые слова: катаракта, пресбиопия, ИОЛ с увеличенной глубиной фокуса, EDOF, рефракционная ИОЛ, PureSee®

Для цитирования: Першин К.Б., Пашинова Н.Ф., Цыганков А.Ю., Косова И.В. Новая рефракционная интраокулярная линза с расширенной глубиной фокуса: первый опыт имплантации. *Офтальмология*. 2026;23(1):33-39. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-33-39>

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

Конфликт интересов отсутствует.



A New Refractive Intraocular Lens with Extended Depth of Focus: the First Implantation experience

K.B. Pershin^{1,2}, N.F. Pashinova^{1,2}, A.Yu. Tsygankov¹, I.V. Kosova¹

¹ "Eximer" Eye Center

Marksistskaya str., 3/1, Moscow, 109147, Russian Federation

² Academy of Postgraduate Education of The Federal Medical-Biological Agency
Volokolamskoe highway, 91, Moscow, 125371, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2026;23(1):33–39

Purpose. Analysis of short-term clinical and functional results of implantation of a new refractive IOL with extended depth of focus. **Materials and methods.** The study included 20 patients (31 eyes) after bilateral (11 patients) or monolateral (9 patients) implantation of the TECNIS PureSee® IOL, model DENOVOV (Johnson and Johnson, USA) with an average follow-up period of 2.6 ± 0.5 (2–4) months. In all cases, IOL implantation was preceded by cataract phacoemulsification or clear lens removal. Women accounted for 65 % ($n = 13$), men — 35 % ($n = 7$). **Results.** There was a significant ($p < 0.05$) increase in UCVA from 0.21 ± 0.03 to 0.65 ± 0.11 , UCVA from 0.24 ± 0.05 to 0.89 ± 0.13 , UCVA from 0.27 ± 0.05 to 0.96 ± 0.15 , BCVA from 0.52 ± 0.08 to 0.97 ± 0.19 and BCVA from 0.67 ± 0.15 to 1.0 ± 0.14 before surgery and after 1 month of observations, respectively. The BCVA increased from 0.54 ± 0.09 to 0.79 ± 0.14 (differences are significant at the trend level, $0.05 < p < 1.0$). After implantation of the TECNIS PureSee® IOL, a decrease in the spherical equivalent of refraction was shown from -2.5 ± 1.2 in the preoperative period to -0.14 ± 0.69 during the follow-up period of 1 month. In 2 out of 20 patients (10 %), permanent or periodic side optical phenomena were detected, of which 1 patient (5 %) had glare and 1 (5 %) had halo. The patients did not complain on difficulties in the night driving. Only one of 20 patients (5 %) required a reading glasses correction. All 20 patients rated the result of the operation as "excellent" and would recommend the implantation of this IOL to their friends and relatives. **Conclusion.** The paper presents the first experience in the Russian Federation of implantation of refractive with extended depth of focus in 20 patients (31 eyes). The results obtained demonstrate the high efficiency of this IOL for vision correction at all distances and the low frequency of side optical phenomena, which led to high patient satisfaction. To expand the indications for implantation of the studied IOL, further comparative studies with other models of mono- and multifocal IOLs, as well as EDOF IOLs, are necessary.

Keywords: cataract, presbyopia, IOL with extended depth of focus, EDOF, refractive IOL, PureSee®

For citation: Pershin K.B., Pashinova N.F., Tsygankov A.Yu., Kosova I.V. A New Refractive Intraocular Lens with Extended Depth of Focus: the First Implantation experience. *Ophthalmology in Russia*. 2026;23(1):33–39. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-33-39>

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

There is no conflict of interests.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Клинические результаты операции по удалению катаракты значительно улучшились благодаря усовершенствованиям в методах предоперационной биометрии, улучшению формул расчета оптической силы интраокулярных линз (ИОЛ), разработке новых хирургических методик и внедрению высокоэффективных ИОЛ [1–4]. Монофокальные ИОЛ являются наиболее часто имплантируемыми ИОЛ при операциях по поводу катаракты из-за их отличных результатов при однофокусном зрении, небольшой частоте побочных оптических явлений и относительно низкой стоимости. Однако поскольку монофокальные линзы обеспечивают оптимальную остроту зрения без коррекции на фиксированном расстоянии, для улучшения качества зрения в повседневной деятельности требуются дополнительные очки [5]. Чтобы устранить это ограничение, на рынке появились линзы для коррекции пресбиопии, призванные еще больше повысить независимость от очков.

Мультифокальные ИОЛ, разработанные на основе одновременного зрения, были предложены для улучше-

ния зрения на среднем и близком расстоянии. Однако по сравнению с монофокальными ИОЛ как рефракционные, так и дифракционные конструкции неизбежно предполагают некоторую степень рассеивания света, что снижает контрастную чувствительность и усиливает нарушения зрения, такие как фотопические побочные явления. Эти факторы способствуют неудовлетворенности мультифокальными ИОЛ, несмотря на их способность обеспечивать расширенный диапазон зрения и большую независимость от очков [6–9]. Послеоперационная остаточная аномалия рефракции является одной из основных причин снижения качества зрения в послеоперационном периоде у пациентов с мультифокальными ИОЛ. Несмотря на то что достижения в области прогнозирования оптической силы ИОЛ позволили повысить точность, имплантация мультифокальных ИОЛ по-прежнему ограничена в случаях, когда точный расчет оптической силы затруднен, — например, для длинных или коротких глаз или глаз, перенесших рефракционную операцию [10, 11].

К.Б. Першин, Н.Ф. Пашинова, А.Ю. Цыганков, И.В. Косова

Контактная информация: Цыганков Александр Юрьевич alextsygankov1986@yandex.ru

Новая рефракционная интраокулярная линза с расширенной глубиной фокуса...

Для решения этих проблем были разработаны новые технологии, позволяющие улучшить характеристики ИОЛ и свести к минимуму нежелательные фотопические явления, обычно связанные с мультифокальными ИОЛ. ИОЛ с расширенной глубиной фокусировки (EDOF) были разработаны для устранения разрыва между монофокальными и мультифокальными ИОЛ. ИОЛ EDOF обеспечивают более плавный и непрерывный диапазон фокусировки на средних и дальних расстояниях, удлиняя фокусные точки, обеспечивая расширенный и непрерывный диапазон обзора [3, 12, 13]. ИОЛ EDOF обуславливают улучшение промежуточного зрения с незначительными светоотражающими эффектами, сравнимыми с обычными монофокальными линзами.

Недавно была разработана ИОЛ нового поколения EDOF — TECNIS PureSee® (Johnson and Johnson Surgical Vision, Ирвайн, Калифорния, США). Конструкция линзы основана на чисто рефракционном EDOF-принципе с непрерывным профилем светосилы, что позволяет сохранить качество зрения и контрастную чувствительность на уровне монофокальных ИОЛ [14]. Согласно данным литературы, включая доклинические и рандомизированные клинические исследования, имплантация ИОЛ TECNIS PureSee® обеспечивает улучшенное по сравнению с монофокальными линзами зрение на промежуточном и ближнем расстояниях [12, 15, 16]. Однако результаты визуального контроля и удовлетворенности пациентов в реальных клинических условиях остаются в значительной степени неизвестными. В Российской Федерации данная ИОЛ зарегистрирована с июня 2025 г. (РУ 2025/25584), публикации в отечественной печати, посвященные результатам имплантации ИОЛ TECNIS PureSee®, отсутствуют.

Цель: анализ краткосрочных (до 3 месяцев) клинико-функциональных результатов имплантации новой модели рефракционной интраокулярной линзы с расширенной глубиной фокуса (EDOF-ИОЛ).

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Клиническая выборка. В одноцентровое проспективное исследование были включены 20 пациентов (31 глаз), перенесших имплантацию интраокулярной линзы (ИОЛ) TECNIS PureSee® (Johnson & Johnson, США). Из них 11 пациентам выполнена билатеральная, а 9 пациентам — монолатеральная имплантация. Средний срок динамического наблюдения составил $2,6 \pm 0,5$ месяца (в пределах от 2 до 4 месяцев). Исследование проводилось в период август — октябрь 2025 г. Гендерное распределение: 13 женщин (65 %) и 7 мужчин (35 %). Средний возраст пациентов — $58,3 \pm 8,1$ года (диапазон: 41–83 года). Критерием включения являлось выполнение факоэмульсификации катаракты или рефракционной лентэктомии.

Протокол обследования. Обследование включало стандартный и специальный офтальмологический контроль. В предоперационном периоде и на этапах после-

операционного наблюдения (1-е сутки, 1 неделя, 1 и 3 месяца) регистрировали следующие параметры: аксиальную длину глаза, глубину передней камеры, сферический и цилиндрический эквиваленты, некорригированную (НКОЗ) и максимально корригированную (МКОЗ) остроту зрения для близи (40 см), промежуточного (80 см, используя шкалу для близи с корректировкой в зависимости от измененного расстояния) и дальнего (5 м) расстояния, а также уровень внутриглазного давления (ВГД). Субъективная оценка качества зрения осуществлялась с помощью стандартизированного опросника [2, 17].

Хирургическая методика. Факоэмульсификация выполнялась на платформах Infiniti (Alcon Laboratories, США) или Stellaris Elite под местной капельной анестезией через роговичный доступ 1,8 мм. Расчет оптической силы ИОЛ проводился с применением формул SRK/T, Barrett Universal II и Kane (онлайн-калькуляторы APACRS и ESCRS) с целью достижения эметропии (в диапазоне от 0 до -0,5 дптр по рекомендации производителя).

Описание ИОЛ. ИОЛ TECNIS PureSee® (модель DEN00V, рис. 1) представляет собой моноблочную двояковыпуклую линзу, изготовленную из гидрофобного акрилатного материала с интегрированными УФ- и фиолетовым светофильтрами. Дизайн линзы сочетает переднюю асферическую поверхность, корригирующую аберрации высшего порядка, и запатентованную заднюю рефракционную поверхность, расширяющую глубину фокуса. Физические параметры: диаметр оптической части — 6,0 мм, общий диаметр — 13,0 мм, толщина гаптического элемента — 0,46 мм, коэффициент преломления — 1,47 (при 36 °С). Линза имеет матовый квадратный край ProTEC по всей окружности для снижения риска феномена дисфотопсии. А-константа при ультразвуковой биометрии составляет 118,8, при оптической биометрии — 119,3.



Рис. 1. Внешний вид ИОЛ TECNIS PureSee®

Fig. 1. IOL TECNIS PureSee® appearance



Рис. 2. Внешний вид системы доставки TECNIS SIMPLICITY®

Fig. 2. Delivery system TECNIS SIMPLICITY® appearance

Обработка данных проводилась с использованием программного обеспечения Microsoft Excel 2010 и Statistica 10.1 (StatSoft, США). Описательная статистика включала расчет среднего арифметического (M), стандартного отклонения (SD), а также минимальных и максимальных значений. Применялись следующие методы проверки статистических гипотез: *t*-критерий Стьюдента (для сравнения средних) и точный критерий Фишера (для сравнения долей). Порог статистической значимости (*p*-value) был установлен на уровне менее 0,05 при доверительном интервале 95%.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Контрольные измерения остроты зрения (на всех трех дистанциях — ближней, промежуточной и дальней) проводились трижды: в первые сутки, через одну неделю и через один месяц после операции. Результаты приведены на рисунках 3–8.

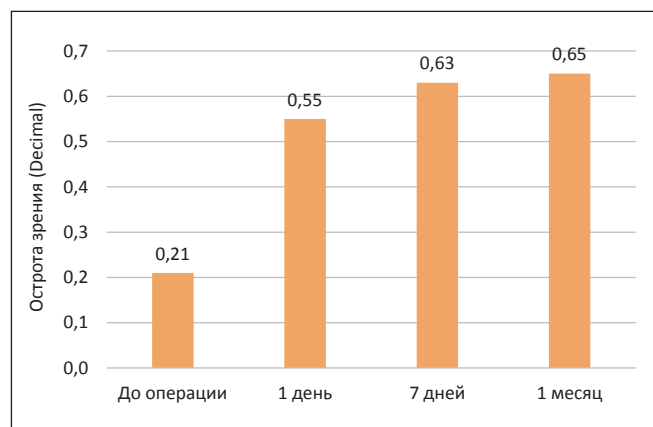


Рис. 3. Динамика некорригированной остроты зрения вблизи (НКОЗб) после имплантации ИОЛ TECNIS PureSee®

Fig. 3. Dynamics of uncorrected near visual acuity (UCNVA) after implantation of the TECNIS PureSee® IOL

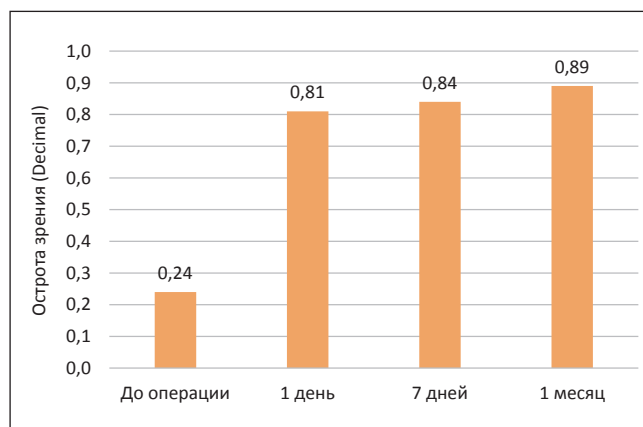


Рис. 4. Динамика некорригированной остроты зрения на среднем расстоянии (НКОЗс) после имплантации ИОЛ TECNIS PureSee®

Fig. 4. Dynamics of uncorrected intermediate visual acuity (UCIVA) after implantation of the TECNIS PureSee® IOL

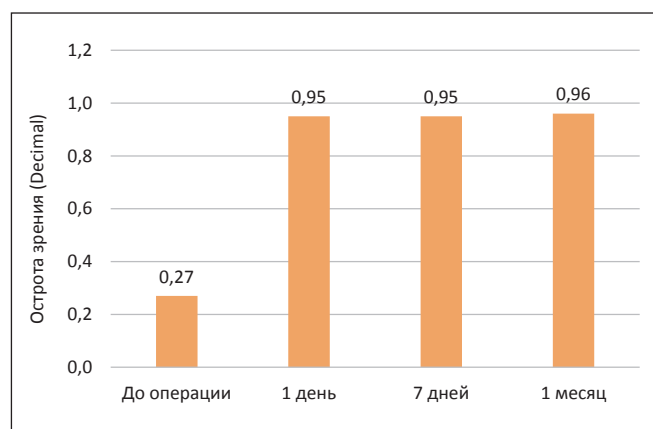


Рис. 5. Динамика некорригированной остроты зрения вдаль (НКОЗд) после имплантации ИОЛ TECNIS PureSee®

Fig. 5. Dynamics of uncorrected distance visual acuity (UCDVA) after implantation of the TECNIS PureSee® IOL

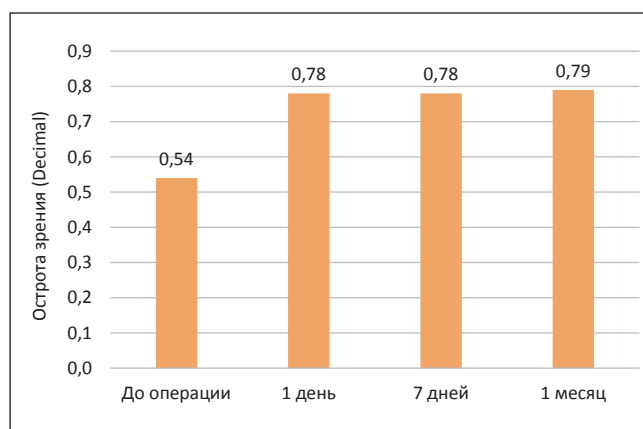


Рис. 6. Динамика корригированной остроты зрения вблизи (МКОЗб) после имплантации ИОЛ TECNIS PureSee®

Fig. 6. Dynamics of corrected near visual acuity (CNVA) after implantation of the TECNIS PureSee® IOL

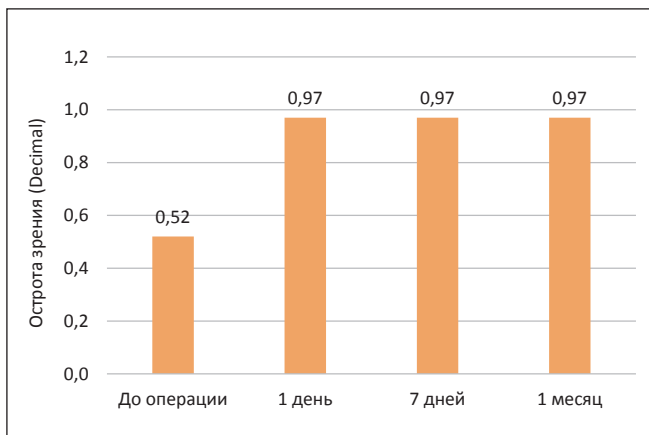


Рис. 7. Динамика скорректированной остроты зрения на среднем расстоянии (МНОЗс) после имплантации ИОЛ TECNIS PureSee®

Fig. 7. Dynamics of corrected intermediate visual acuity (CIVA) after implantation of the TECNIS PureSee® IOL

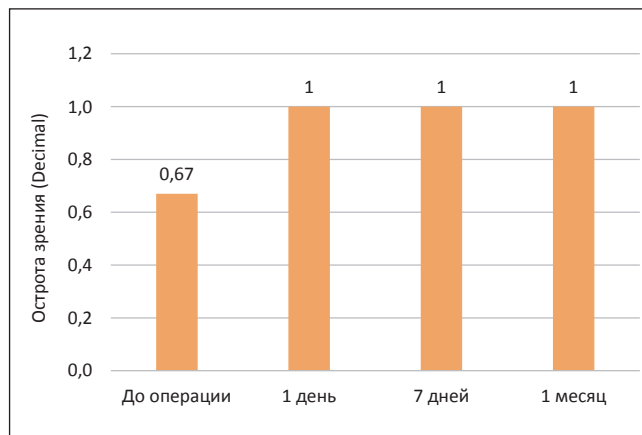


Рис. 8. Динамика скорректированной остроты зрения вдаль (МНОЗд) после имплантации ИОЛ TECNIS PureSee®

Fig. 8. Dynamics of corrected distance visual acuity (CDVA) after implantation of the TECNIS PureSee® IOL

Монокулярная кривая дефокуса (острота зрения в logMAR), оцененная через 3 месяца после операции, представлена на рисунке 9. Оценка при бинокулярной коррекции проводилась для каждого глаза отдельно. Анализ показал, что максимальная острота зрения (в диапазоне 0,00–0,11 logMAR, или 0,9–1,0 в десятичной системе) достигается в диапазоне глубины фокуса от 0,0 до -1,5 D, что соответствует дальнему и среднему расстояниям. На ближнем расстоянии (глубина фокуса от -2,0 до -3,0 D) острота зрения снижалась до значений 0,2–0,4 logMAR (в среднем 0,65 в десятичном выражении). Полученные данные кривой дефокуса свидетельствуют о том, что исследуемая ИОЛ обеспечивает высокое качество зрения для дали и среднего расстояния, а также функциональное зрение вблизи.

Анкетирование по стандартизованному опроснику было успешно проведено для всех 20 пациентов. Постоянные или транзиторные зрительные феномены были зафиксированы у двух пациентов (10 %): у одного (5 %) отмечались блики (glare), у другого (5 %) — ореолы (halo). Жалоб на затруднения при вождении автомобиля в темное время суток от пациентов не поступало. Очковая коррекция для близи потребовалась лишь одному участнику (5 %). При этом все 20 пациентов (100 %) оценили результат операции на отлично и выразили готовность рекомендовать данную ИОЛ своим близким.

Интраоперационных осложнений в исследуемой когорте зафиксировано не было. В раннем послеоперационном периоде в двух глазах (6,5 %) был диагностирован десцеметит, который успешно купирован с помощью местной консервативной терапии.

Современная катарактальная хирургия предъявляет высокие требования к профилю безопасности интраокулярных линз, особенно в части минимизации побочных оптических явлений, напрямую влияющих на качество жизни пациентов. В данной статье представлен первый

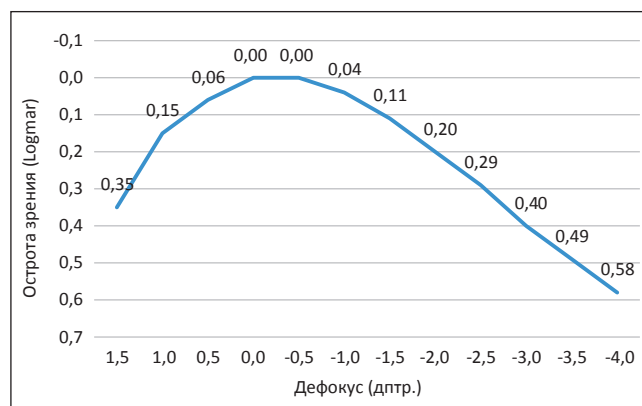


Рис. 9. Монокулярная кривая дефокуса, демонстрирующая остроту зрения (logMAR) в зависимости от индуцированной миопической дефокусировки после имплантации ИОЛ TECNIS PureSee®

Fig. 9. Monocular defocus curve showing visual acuity (logMAR) versus induced myopic defocus following implantation of the TECNIS PureSee® IOL

в Российской Федерации опыт имплантации новой рефракционной ИОЛ с расширенной глубиной фокуса (TECNIS PureSee®) у 20 пациентов (31 глаз) с периодом наблюдения до 3 месяцев.

К настоящему моменту публикации, посвященные клиническим результатам применения данной модели ИОЛ, остаются единичными, что подчеркивает новизну и актуальность проведенного исследования. D.A. Black и соавт. оценивали устойчивость к аномалиям рефракции новой интраокулярной линзы с увеличенной глубиной фокусировки TECNIS PureSee®, используя доклинические и клинические показатели. Доклиническая оценка включала компьютерное моделирование остроты зрения (sVA) и профиля дисфотопсии при различных конструкциях ИОЛ (рефракционные EDOF, дифракционные EDOF, мультифокальные, стандартные

и улучшенные монофокальные линзы) с использованием соответствующей модели глаза с расфокусировкой $\pm 0,50$ D и/или астигматизмом $\pm 0,75$ D и без нее. В исследование были включены пациенты с двусторонней имплантацией рефракционной EDOF (модель ZEN00V) или улучшенной монофокальной ИОЛ (модель ICB00) в проспективном рандомизированном исследовании. Через 6 месяцев после операции у подгруппы пациентов с абсолютной остаточной аномалией рефракции $>0,25$ D на одном или обоих глазах оценивали некорректированную и максимально скорректированную остроту зрения вдаль (НКОЗд и МКОЗд), зрительные симптомы, удовлетворенность и зависимость от очков.

У пациентов после имплантации рефракционной EDOF ИОЛ сохранялся монофокусный профиль дисфотопсии при расфокусировке. Бинокулярный показатель LogMAR НКОЗд составил $0,03 \pm 0,08$ для ZEN00V и $-0,02 \pm 0,11$ для ICB00. 100 % пациентов с ZEN00V и 97 % пациентов с ICB00 не нуждались в очках и были удовлетворены своим зрением вдаль. Монокулярная МКОЗд, контрастная чувствительность и визуальные симптомы также были сходными в обеих группах. Авторы заключили, что новые EDOF ИОЛ являются сопоставимыми с монофокальными ИОЛ в отношении низкой частоты побочных оптических феноменов [15]. Схожий результат (частота гало 5 % и глэр 5 %) показан и в нашей работе.

Похожая работа по сравнению результатов имплантации новой EDOF ИОЛ ($n = 60$) и монофокальной ИОЛ ($n = 57$) опубликована D. Corbett и соавт. МКОЗд (среднее значение \pm SD) составило $-0,06 \pm 0,08$ для группы EDOF и $-0,05 \pm 0,08$ LogMAR для группы сравнения, МКОЗс — $0,13 \pm 0,08$ и $0,18 \pm 0,14$ соответственно ($p = 0,0127$). Показатель МКОЗб составил $0,37 \pm 0,10$ для группы EDOF и $0,43 \pm 0,16$ в группе сравнения ($p = 0,0137$). В группе EDOF жалобы на побочные оптические феномены не отмечены в 91,7 % (гало), 95,0 % (вспышки) и 95,0 % (глэр) пациентов по сравнению с 98,2, 100 и 96,5 % в группе сравнения соответственно [12]. В работе A. Alarcon и соавт. описаны схожие результаты при сравнении новой EDOF и монофокальной ИОЛ [16]. Представленные данные соотносятся с полученными в нашем исследовании.

В одной из последних работ D.Y. Kim и соавт. проведен ретроспективный анализ 100 глаз 50 пациентов, перенесших двустороннюю операцию по удалению катаракты с использованием EDOF ИОЛ PureSee® (ZEN00V) или монофокальной ИОЛ Eyhance® (ICB00) в одном

учреждении. Острота зрения, кривые дефокусировки, контрастная чувствительность и отзывы пациентов оценивались через три месяца после операции. Группа ZEN00V продемонстрировала более высокую некорректированную остроту зрения на среднем расстоянии ($0,11 \pm 0,08$ против $0,17 \pm 0,11$ по шкале LogMAR, $p = 0,006$) и вблизи ($0,25 \pm 0,08$ против $0,31 \pm 0,13$ по шкале LogMAR, $p = 0,023$) по сравнению с группой ICB00 при сопоставимой остроте зрения вдаль. В обеих группах наблюдались сопоставимые кривые дефокусировки и контрастной чувствительности.

В группе ZEN00V зависимость от очков была значительно ниже для зрения вблизи (36 % против 80 %, $p = 0,002$) и сопоставима для зрения вдаль и на среднем расстоянии. Авторы заключили, что ИОЛ PureSee® EDOF продемонстрировала улучшенное зрение на среднем расстоянии и вблизи при минимальном ухудшении зрения вдаль при сохранении высокой контрастной чувствительности.

PureSee® EDOF также обеспечивает значительную независимость от очков и удовлетворенность пациентов, что делает ее перспективным вариантом для коррекции пресбиопии [18]. В нашем исследовании сравнение с монофокальной ИОЛ не проводилось, но результаты имплантации новой EDOF ИОЛ сопоставимы с таковыми в работе D.Y. Kim и соавт.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная работа представляет первый в Российской Федерации опыт клинического применения новой рефракционной интраокулярной линзы с расширенной глубиной фокуса (TECNIS PureSee®) на выборке из 20 пациентов (31 глаз). Полученные данные свидетельствуют о высокой эффективности данной модели на всех расстояниях при минимальной частоте нежелательных оптических явлений, что привело к исключительно высокому уровню удовлетворенности пациентов. Для определения четких показаний и места данной ИОЛ в хирургической практике необходимы дальнейшие проспективные сравнительные исследования с другими моделями монофокальных, мультифокальных линз, а также ИОЛ типа EDOF.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Першин К.Б. — концепция и дизайн исследования, написание текста, редактирование;
 Пашинова Н.Ф. — концепция и дизайн исследования, редактирование;
 Цыганков А.Ю. — сбор и обработка материала, статистическая обработка данных, написание текста;
 Косова И.В. — сбор и обработка материала

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Першин КБ, Пашинова НФ, Коновалова ММ, Цыганков АЮ, Коновалов МЕ. Интраокулярная коррекция пресбиопии методом имплантации мультифокальных линз. Обзор литературы. Acta biomedica scientifica. 2019;4(4):41–55. Pershin KB, Pashinova NF, Kononov MM, Tsygankov AY, Kononov ME. Multifocal intraocular lenses implantation in presbyopia correction. Literature review. Acta biomedica scientifica. 2019;4(4):41–55 (In Russ.). doi: 10.29413/ABS.2019-4.4.6.
2. Першин КБ, Пашинова НФ, Цыганков АЮ, Антонов ЕА. Первый опыт имплантации мультифокальной и торической интраокулярной линзы с увеличенной глубиной фокуса (анализ краткосрочных результатов). Офтальмология. 2021;18(3):408–414.
3. Pershin KB, Pashinova NF, Tsygankov AY, Antonov EA. First Experience of Multifocal and Toric Extended Depth of Focus Intraocular Lenses Implantation (Short-Term Analysis). Ophthalmology in Russia. 2021;18(3):408–414 (In Russ.). doi: 10.18008/1816-5095-2021-3-408-414.
4. Schallhorn JM. Multifocal and extended depth of focus intraocular lenses: A comparison of data from the United States food and drug administration premarket approval trials. J. Refract. Surg. 2021;37:98–104. doi: 10.3928/1081597X-20201111-02.
5. Hu JQ, Sarkar R, Sella R, Murphy JD, Afshari NA. Cost-Effectiveness Analysis of Multifocal Intraocular Lenses Compared to Monofocal Intraocular Lenses in Cataract Surgery. Am J Ophthalmol. 2019 Dec;208:305–312. doi: 10.1016/j.ajo.2019.03.019.

5. Khandelwal SS, Jun JJ, Mak S, Booth MS, Shekelle PG. Effectiveness of multifocal and monofocal intraocular lenses for cataract surgery and lens replacement: a systematic review and meta-analysis. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2019 May;257(5):863–875. doi: 10.1007/s00417-018-04218-6.
6. Breyer DRH, Kaymak H, Ax T, Kretz FTA, Auffarth GU, Hagen PR. Multifocal Intraocular Lenses and Extended Depth of Focus Intraocular Lenses. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*. 2017 Jul-Aug;6(4):339–349. doi: 10.22608/APO.2017186.
7. De Silva SR, Evans JR, Kirithi V, Ziaei M, Leyland M. Multifocal versus monofocal intraocular lenses after cataract extraction. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016 Dec 12;12(12):CD003169. doi: 10.1002/14651858.CD003169.pub4.
8. Rampat R, Gatinel D. Multifocal and extended depth-of-focus intraocular lenses in 2020. *Ophthalmology*. 2021;128:e164–e185. doi: 10.1016/j.ophtha.2020.09.026.
9. Першин КВ, Пашинова НФ, Цыганков АЮ, Антонов ЕА, Косова ИВ, Баталина ЛВ. Имплантация ИОЛ с расширенной глубиной фокуса у пациентов после имплантации монофокальной ИОЛ на контралатеральном глазу. *Офтальмология*. 2024;21(3):464–470.
Pershin KB, Pashinova NF, Tsygankov AYU, Antonov EA, Kosova IV, Batalina LV. Extended Depth of Focus IOL Implantation in Patients with Previously Monofocal IOL Implantation in Contralateral Eye. *Ophthalmology in Russia*. 2024;21(3):464–470 (In Russ.). doi: 10.18008/1816-5095-2024-3-464-470.
10. Cooke DL, Cooke TL. Comparison of 9 intraocular lens power calculation formulas. *J Cataract. Refract. Surg*. 2016;42:1157–1164. doi: 10.1016/j.jcrs.2016.06.029.
11. Анисимов СИ, Косаковская МВ, Першин КВ, Пашинова НФ, Трубилин АВ, Крупина ЕА, Цыганков АЮ, Анисимова НС, Арутюнян ЛЛ. Сравнительный анализ результатов имплантации монофокальных и EDOF ИОЛ у пациентов с рефракционными операциями в анамнезе. *Аспирантский вестник Поволжья*. 2025;25(2):31–37.
Anisimov SI, Kosakovskaya MV, Pershin KB, Pashinova NF, Trubilin AV, Krupina EA, Tsygankov AYU, Anisimova NS, Arutyunyan LL. Comparative analysis of the clinical results of implantation of monofocal IOLs and EDOF IOLs in patients with a history of refractive surgery. *Aspirantskiy vestnik Povolzh'ya*. 2025;25(2):31–37 (In Russ.). doi: 10.35693/AVP677345.
12. Corbett D, Black D, Roberts TV, Cronin B, Gunn D, Bala C, Versace P, Tsai L, Papadatos E, Alarcon A, Vilupuru S. Quality of vision clinical outcomes for a new fully-refractive extended depth of focus Intraocular Lens. *Eye (Lond)*. 2024 May;38(Suppl 1):9–14. doi: 10.1038/s41433-024-03039-8.
13. MacRae S, Holladay JT, Glasser A, Calogero D, Hilmantel G, Masket S, Stark W, Tarver ME, Nguyen T, Eydelman M. Special Report: American Academy of Ophthalmology Task Force Consensus Statement for Extended Depth of Focus Intraocular Lenses. *Ophthalmology*. 2017 Jan;124(1):139–141. doi: 10.1016/j.ophtha.2016.09.039.
14. Nanavaty MA. Evolving generation of new Extended Depth of Focus intraocular lenses. *Eye*. 2024;38(Suppl. S1):1–3. doi: 10.1038/s41433-024-03045-w.
15. Black DA, Bala C, Alarcon A, Vilupuru S. Tolerance to refractive error with a new extended depth of focus intraocular lens. *Eye (Lond)*. 2024 May;38(Suppl 1):15–20. doi: 10.1038/s41433-024-03040-1. Epub 2024 Apr 5. Erratum in: *Eye (Lond)*. 2025 Jan;39(1):203. doi: 10.1038/s41433-024-03422-5.
16. Alarcon A, Del Aguila Carrasco A, Gounou F, Weeber H, Cánovas C, Piers P. Optical and clinical simulated performance of a new refractive extended depth of focus intraocular lens. *Eye (Lond)*. 2024 May;38(Suppl 1):4–8. doi: 10.1038/s41433-024-03041-0. Epub 2024 Apr 5. Erratum in: *Eye (Lond)*. 2025 Jan;39(1):204. doi: 10.1038/s41433-024-03423-4.
17. Темиров НЭ, Темиров НН. Субъективные ощущения пациентов после имплантации различных моделей мультифокальных интраокулярных линз. *Катарактальная и рефракционная хирургия*. 2015;15(1):43–48.
Temirov NE, Temirov NN. Subjective complaints following implantation of various multifocal intraocular lenses. *Cataract and refractive surgery*. 2015;15(1):43–48 (In Russ.).
18. Kim DY, Park ESY, Park H, Kim BY, Jun I, Seo KY, Elsheikh A, Kim TI. Comparative Outcomes of the Next-Generation Extended Depth-of-Focus Intraocular Lens and Enhanced Monofocal Intraocular Lens in Cataract Surgery. *J Clin Med*. 2025 Jul 14;14(14):4967. doi: 10.3390/jcm14144967.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Першин Кирилл Борисович
доктор медицинских наук, профессор, медицинский директор сети клиник,
профессор кафедры офтальмологии

Пашинова Надежда Федоровна
доктор медицинских наук, профессор, главный врач, профессор кафедры
офтальмологии

Цыганков Александр Юрьевич
кандидат медицинских наук, врач-офтальмолог, научный референт
медицинского директора сети клиник

Косова Ирина Владимировна
врач-офтальмолог

ABOUT THE AUTHORS

Pershin Kirill B.
MD, PhD, Professor, medical director, Ophthalmology Faculty Professor

Pashinova Nadezhda F.
MD, PhD, Professor, medical director, Ophthalmology Faculty Professor

Tsygankov Alexander Yu.
PhD, scientific advisor, ophthalmologist

Kosova Irina V.
ophthalmologist

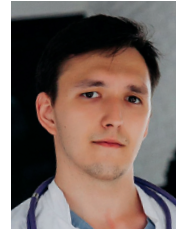
Трансклеральная лазерная циклотермотерапия в лечении первичной открытоугольной глаукомы: предикторы эффективности



В.Ю. Скворцов



А.Н. Куликов



Д.В. Тулин

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова»
Министерства обороны Российской Федерации
ул. Академика Лебедева, бж, Санкт-Петербург, 194044, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2026;23(1):40–44

Цель: определить прогностическое значение ранних послеоперационных признаков воспалительной реакции — видимой опалесценции водянистой влаги и увеличения толщины ресничного тела — для эффективности транссклеральной лазерной циклотермотерапии (ТЛЦТ) у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой. **Пациенты и методы.** Проведен ретроспективный анализ результатов лечения 33 пациентов (22 мужчины, 11 женщин, средний возраст 72,4 года) с неконтролируемой первичной открытоугольной глаукомой на фоне максимально переносимой гипотензивной терапии. ТЛЦТ выполняли под местной анестезией до 16 аппликаций в режиме 0,5 Вт в течение 20 с. Толщина ресничного тела оценивалась с использованием оптической когерентной томографии (CASIА2, Tomey, Япония) до операции и на 1-е сутки после нее. В этот же срок фиксировалось наличие опалесценции водянистой влаги. Внутриглазное давление (ВГД) измерялось тонометрией по Маклакову, фиксировался режим инстилляций до операции и через 1, 3, 6 и 12 месяцев. Успех лечения определялся как снижение ВГД на 20 % и более начиная с 1 месяца. **Результаты.** Среднее снижение ВГД через 12 месяцев составило $8,8 \pm 3,9$ мм рт. ст., что соответствовало 23,8 % ($p < 0,001$). Успех лечения достигнут у 24 пациентов (72,7 %). Видимая опалесценция водянистой влаги на 1-е сутки выявлена у 24 пациентов (72,7 %) и положительно коррелировала с более выраженным снижением ВГД ($p = 0,008$, $r = 0,72$). Толщина ресничного тела значимо увеличивалась на 1-е сутки послеоперационного периода ($p < 0,0001$), причем динамика этого показателя отражала наличие сильной положительной корреляции со снижением ВГД ($r = 0,86$, $p < 0,05$). **Заключение.** Ранние послеоперационные признаки внутриглазного воспаления и отека ресничного тела могут служить надежными предикторами эффективности ТЛЦТ. Наличие опалесценции водянистой влаги и увеличение толщины ресничного тела на 1-е сутки ассоциируются с более высокой вероятностью достижения стойкого гипотензивного эффекта в течение первого месяца. Указанные параметры могут быть рекомендованы для раннего прогноза исходов лечения пациентов с первичной открытоугольной глаукомой.

Ключевые слова: транссклеральная лазерная циклотермотерапия, первичная открытоугольная глаукома, толщина ресничного тела, предикторы эффективности, гипотензивный эффект

Для цитирования: Скворцов В.Ю., Куликов А.Н., Тулин Д.В. Транссклеральная лазерная циклотермотерапия в лечении первичной открытоугольной глаукомы, предикторы эффективности. *Офтальмология*. 2026;23(1):40–44. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-40-44>

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

Конфликт интересов отсутствует.



Transscleral Laser Cyclothermotherapy in the Treatment of Primary Open-angle Glaucoma: Predictors of Effectiveness

V.Yu. Skvortsov, A.N. Kulikov, D.V. Tulin

S.M. Kirov Military Medical Academy
Akademician Lebedev str., 6zh, Saint Petersburg, 194044, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2026;23(1):40–44

Objectives: to evaluate the prognostic significance of early postoperative inflammatory response parameters, namely visible aqueous humor opalescence and ciliary body thickness increase, for the effectiveness of transscleral laser cyclothermotherapy (TLCTT) in patients with primary open-angle glaucoma. **Patients and methods.** A retrospective analysis included 33 patients (22 men, 11 women; mean age 72.4 years) with uncontrolled primary open-angle glaucoma despite maximally tolerated hypotensive therapy. TLCTT was performed under local anesthesia with up to 16 applications delivered in the mode of 0.5 W for 20 s. Optical coherence tomography (CASIA2, Tomey, Japan) was used to assess ciliary body thickness before surgery and on postoperative day 1. Presence of aqueous humor opalescence was also recorded on day 1. Intraocular pressure (IOP) was measured by Maklakov tonometry, and topical regimen was documented preoperatively and at 1, 3, 6, and 12 months. Treatment success was defined as IOP reduction $\geq 20\%$ starting from 1 month. Results. Mean IOP reduction at 12 months was 8.8 ± 3.9 mmHg, corresponding to 23.8 % ($p < 0.001$). Treatment success was achieved in 24 patients (72.7 %). Visible aqueous humor opalescence on day 1 was observed in 24 patients (72.7 %) and correlated positively with greater IOP reduction ($p = 0.008$, $r = 0.72$). Ciliary body thickness increased significantly on day 1 postoperatively ($p < 0.0001$). The dynamics of thickness increase showed a strong positive correlation with IOP reduction ($r = 0.86$, $p < 0.05$). **Conclusion.** Early postoperative signs of intraocular inflammation and ciliary body edema can serve as reliable predictors of TLCTT effectiveness. Visible aqueous humor opalescence and increased ciliary body thickness on day 1 are associated with higher likelihood of achieving a sustained hypotensive effect within 1 month. These parameters may be recommended for early prediction of treatment outcomes in patients undergoing TLCTT for primary open-angle glaucoma.

Keywords: transscleral laser cyclothermotherapy, primary open-angle glaucoma, ciliary body thickness, predictors of effectiveness, hypotensive effect

For citation: Skvortsov V.Yu., Kulikov A.N., Tulin D.V. Transscleral Laser Cyclothermotherapy in the Treatment of Primary Open-angle Glaucoma: Predictors of Effectiveness. *Ophthalmology in Russia*. 2026;23(1):40–44. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-40-44>

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

There is no conflict of interests.

ВВЕДЕНИЕ

Снижение внутриглазного давления (ВГД), как известно, является единственным достоверным способом замедления прогрессирования глаукомной оптической нейропатии [1, 2].

Гипотензивные топические препараты — наиболее распространенный метод лечения глаукомы, их используют 86 % пациентов [3].

Однако многочисленные исследования показали, что существует довольно обширный пласт пациентов, отсутствие достижения давления цели у которых связано не со снижением эффективности применяемых препаратов [4–6], а с нарушением приверженности к лечению, что, по нашему мнению, следует предполагать практически во всех случаях несоответствия уровня ВГД проведенной терапии. Таким образом, разработка эффективных алгоритмов ведения таких пациентов, в том числе и с применением различных хирургических пособий с высоким профилем безопасности, на всех стадиях заболевания остается актуальной задачей многих исследователей.

Циклодеструктивное хирургическое воздействие как метод лечения глаукомы применяется в офтальмологии более 90 лет, однако и в настоящее время не снижает

ся интерес исследователей к возможностям различных воздействий на ресничное тело в расчете на подавление продукции водянистой влаги (ВВ) и связанные с этим анальгетический и гипотензивный эффекты¹ [7–9].

В настоящее время наиболее распространенной циклодеструктивной методикой стала транссклеральная лазерная циклодеструкция (ТЛЦД), которая позволяет выполнить термическое повреждение части цилиарного тела (ЦТ) с целью подавления продукции ВВ и снижения ВГД.

Гипотензивный эффект ТЛЦД изучен не до конца. Считается, что снижение ВГД происходит за счет разрушения ресничных отростков, что приводит к частичному угнетению продукции ВВ, однако не совсем ясно, происходит ли это преимущественно из-за разрушения эпителия ресничных отростков или из-за снижения сосудистой перфузии. Многочисленные гистологические исследования свидетельствуют в пользу теории повреждения эпителия отростков при описании селективной

¹ Волков В.В. Транссклеральное воздействие на цилиарное тело с помощью отечественного полупроводникового микролазера. Новое в лазерной медицине: тезисы докладов. М., 1991. С. 86.

Качанов А.Б. Диод-лазерная транссклеральная контактная циклокоагуляция в лечении различных форм глаукомы и офтальмогипертензии: автореф. дис. ... канд. мед. наук. СПб., 1998. 30 с.

деструкции с минимальными изменениями в цилиарной мышце и склере.

Кроме того, имеется точка зрения, согласно которой одним из механизмов снижения ВГД может быть увеличение оттока ВВ за счет увеосклерального пути [10].

Разработанная в нашей клинике модифицированная методика ТЛЦД в виде транссклеральной лазерной циклотермотерапии (ТЛЦТТ) более 10 лет успешно применяется в лечении различных форм глаукомы. Предложенные энергетические характеристики вмешательства, основанные на реализации эффекта термотерапии, обеспечивают значительное уменьшение частоты интра- и послеоперационных осложнений в сравнении с известными методами. Это позволило в ряде случаев использовать ТЛЦТТ и на функционально перспективных глазах.

По данным разных авторов, гипотензивная эффективность ТЛЦД составляет 55–89 %, а анальгетическая — в случаях болящей формы глаукомы — стремится к 100 % [11, 12]. Эффективность ТЛЦТТ, по данным первичного исследования, составила 81,6 %, при этом в первые сутки после операции достаточный гипотензивный эффект отмечен лишь в 56 % [13]. Дальнейшее наблюдение группы пациентов, включенных в исследование, и последующий клинический опыт показали, что окончательную оценку гипотензивного эффекта следует проводить не ранее 30 суток после операции. Это положение также подтвердили и результаты исследования на экспериментальных животных. Данные показали, что воспалительная реакция тканей после транссклерального лазерного воздействия в большинстве случаев купируется к 14 суткам наблюдения, а окончательное формирование очагов атрофии ЦТ завершается к 30 суткам¹.

Такое состояние вопроса если и не имеет большого практического значения в случаях терминальной глаукомы, совершенно не приемлемо на функционально перспективных глазах, когда прогноз развития достаточно гипотензивного эффекта особенно важен.

Вариабельность эффективности ТЛЦД при фиксированных энергетических характеристиках, по нашему мнению, может объясняться степенью поглощения лазерной энергии целевыми структурами и, как следствие, объемом их повреждения, что может быть связано с некоторыми индивидуальными параметрами, такими как толщина и степень пигментации склеры, а также степень пигментации и расположение отростков ЦТ [13].

Тепловое повреждение ЦТ, по определению, вызывает его воспаление, что в первые сутки после операции, как правило, проявляется воспалительной реакцией во влаге передней камеры в виде опалесценции различной интенсивности, что, в свою очередь, может быть признаком адекватного циклодеструктивного воздействия.

Современные способы визуализации, такие как ультразвуковая биомикроскопия и оптическая когерентная томография, позволяют оценить морфологические признаки воспалительной реакции ЦТ после операции в виде увеличения его толщины вследствие отека и также могут служить способом оценки степени повреждения целевых структур [14, 15].

Цель исследования: определить влияние на эффективность ТЛЦТТ видимой опалесценции влаги передней камеры и достоверное увеличение толщины ЦТ в первые сутки после операции.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

В рамках данного исследования в нашей клинике ретроспективно проанализированы результаты лечения 33 (22 мужчины, 11 женщин) пациентов, перенесших ТЛЦТТ. Средний возраст составил 72,4 года.

Основным критерием включения явилось наличие первичной открытоугольной глаукомы некомпенсированной, в том числе оперированной, с назначением максимально переносимой схемы гипотензивной терапии.

ТЛЦТТ выполняли под местной анестезией (3-кратная инстилляция раствора оксibuпрокаина 0,4 % и перибульбарное введение 2–3 мл раствора лидокаина 4 %). Рукоятку наконечника удерживали в правой руке, располагая ее перпендикулярно к плоскости, касательной к главному яблоку. Аппликаты наносили концентрично на расстоянии 1,5–2,0 мм от лимба в проекции ресничной части цилиарного тела, обходя меридианы 3 и 9 часов. За один сеанс выполняли не более 16 аппликаций. При выполнении процедуры осуществляли некоторую компрессию торцевой частью наконечника световода до появления легкого побледнения конъюнктивы и эписклеральных участков. Аппликации также не выполняли на пигментированных участках при меланозе склеры и в местах выполненных фильтрующих операций. ТЛЦТТ во всех случаях была выполнена в режиме $P = 0,5 \text{ Вт}$, $t = 20,0 \text{ с}$.

Для исследования динамики толщины ЦТ всем пациентам, включенным в исследование, перед операцией и в первые сутки после нее выполняли оптическую когерентную томографию переднего сегмента глаза на приборе Tomey CASIA2 Anterior Segment OCT (Tomey, Япония) в режиме Bleb. Толщину ресничной части ЦТ оценивали по среднему значению результатов 10 сканов в верхних и нижних квадрантах. В первые сутки также регистрировали наличие или отсутствие видимой опалесценции влаги передней камеры.

Для оценки эффективности проводили стандартное обследование перед операцией, а также спустя 1, 3, 6, и 12 месяцев, которое включало в себя тонометрию по Маклакову и учет капельного режима.

Основным критерием успеха вмешательства в данном исследовании стало снижение ВГД на 20 % и более начиная с 1 месяца наблюдения.

¹ Скворцов В.Ю. Диод-лазерная транссклеральная циклодеструкция в режиме термотерапии как метод лечения рефрактерной глаукомы (экспериментально-клиническое исследование): автореф. дис. ... канд. мед. наук. СПб., 2013. 17 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В масштабах всей исследуемой группы отметили статистически значимое устойчивое снижение ВГД начиная с наблюдения в 1 месяц (рис. 1).

Снижение ВГД к концу наблюдения в абсолютных числах составило $8,8 \pm 3,9$ мм рт. ст., а в процентах — 23,82 % ($p < 0,001$).

Успех к исходу срока наблюдения был достигнут у 24 (72,7 %) пациентов.

Видимую опалесценцию влаги передней камеры зарегистрировали также у 24 (72,7 %) пациентов.

Динамика снижения ВГД (рис. 2) в сравнении с исходными значениями оказалась достоверно ($p = 0,008$) выше в группе пациентов, у которых в первые сутки после операции регистрировали видимую опалесценцию влаги передней камеры.

Выявлена также высокая ($r = 0,72$), статистически значимая ($p < 0,05$) положительная корреляционная связь между параметром видимой опалесценции влаги передней камеры и динамикой снижения ВГД как в абсолютных цифрах, так и в %.

Доля достижения успеха в зависимости от реализации видимой реакции в передней камере представлена в таблице 1.

Толщина ресничной части ЦТ пациентов исследуемой группы достоверно ($p < 0,0001$) увеличилась в первые сутки после операции (табл. 2).

Выявлена высокая ($r = 0,86$), статистически значимая ($p < 0,05$) положительная корреляционная связь между параметром динамики размеров ЦТ и динамикой снижения ВГД как в абсолютных цифрах, так и в %.

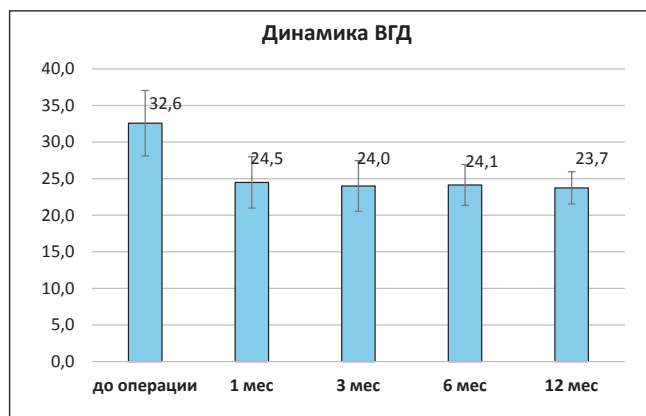


Рис. 1. Динамика ВГД во всей исследуемой группе

Fig. 1. Dynamics of intraocular pressure in the entire study group

Таблица 1. Доля достижения успеха в зависимости от реализации видимой реакции в передней камере

Table 1. Rate of treatment success depending on the presence of visible aqueous humor reaction in the anterior chamber

№ п/п	Реакция влаги передней камеры Anterior chamber aqueous humor reaction	Успех гипотензивного эффекта (%) Success of hypotensive effect (%)
1	Тиндаль / Tyndall «+»	100
2	Тиндаль / Tyndall «-»	30

Таблица 2. Толщина ресничной части ЦТ пациентов исследуемой группы

Table 2. Ciliary body thickness in patients of the study group

Толщина ЦТ до операции (мм) Ciliary body thickness before surgery (mm)	Толщина ЦТ в 1-е сутки после операции (мм) Ciliary body thickness on postoperative day 1 (mm)	Динамика изменения размеров ЦТ (мм) Change in ciliary body thickness (mm)
$0,69 \pm 0,09$	$0,86 \pm 0,08$	$0,17 \pm 0,1$

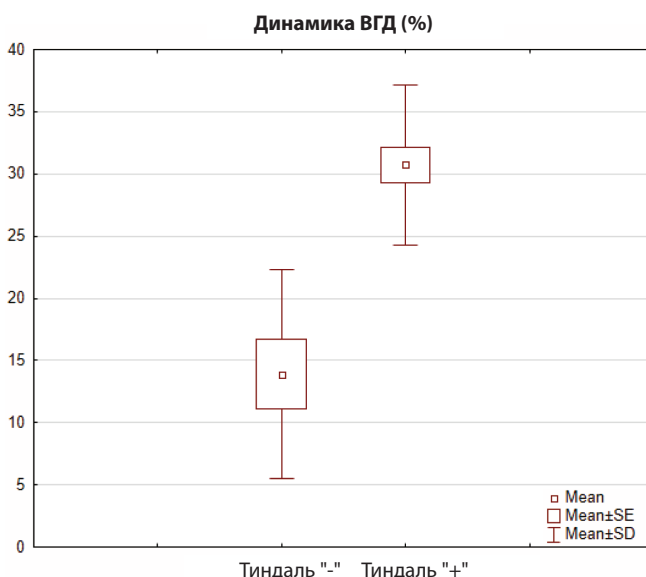
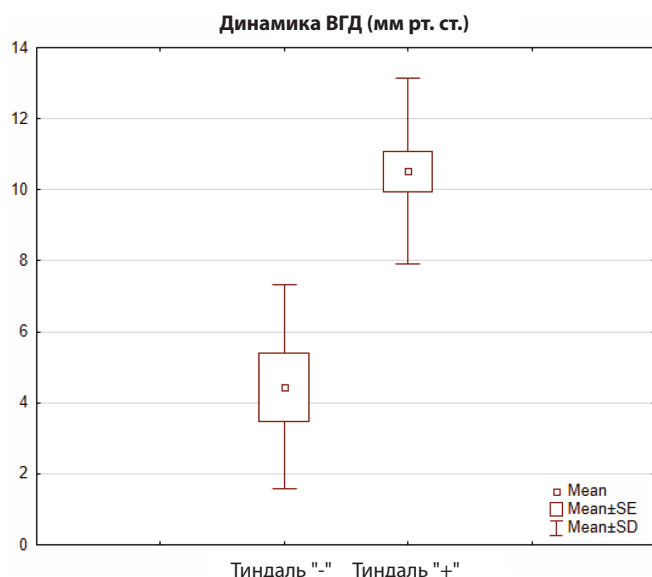


Рис. 2. Динамика ВГД в зависимости от наличия видимой опалесценции влаги передней камеры в абсолютных цифрах (А) и в % (В)

Fig. 2. Dynamics of intraocular pressure depending on the presence of visible aqueous humor opalescence: in absolute values (A) and in percentages (B)

ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты, полученные в рамках данного исследования, позволили оценить степень влияния предполагаемых предикторов на достижение эффективности ТЛЦТТ:

– видимая опалесценция влаги передней камеры в 1-е сутки после ТЛЦТТ свидетельствует о значимой послеоперационной воспалительной реакции и, соответственно, о достаточном объеме повреждения целых структур;

– статистически значимая корреляционная связь между параметром динамики толщины ЦТ и динамикой показателей эффективности позволяет использовать его в качестве предиктора эффективности ТЛЦТТ.

ВЫВОДЫ

Таким образом, результаты данного исследования позволяют сформулировать рекомендации по прогнозированию эффективности ТЛЦТТ в раннем послеоперационном периоде:

– регистрация видимой опалесценции влаги передней камеры в 1-е сутки после операции является хорошим прогностическим признаком развития гипотензивного эффекта в течение 1 месяца после операции;

– регистрация значений показателя динамики толщины ЦТ от средних значений и выше предполагает развитие достаточного гипотензивного эффекта.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Скворцов В.Ю. — концепция и дизайн исследования, статистическая обработка, написание текста, подготовка иллюстраций, анализ данных;
Куликов А.Н. — редактирование текста, окончательное утверждение рукописи;
Тулин Д.В. — сбор и обработка материала, написание текста, получение и анализ данных.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Heijl A, Leske MC, Bengtsson B, Hyman L, Bengtsson B, Hussein M. Early Manifest Glaucoma Trial Group. Reduction of intraocular pressure and glaucoma progression: results from the Early Manifest Glaucoma Trial. *Arch Ophthalmol*. 2002 Oct;120(10):1268–1279. doi: 10.1001/archoph.120.10.1268.
- Boland MV, Ervin AM, Friedman DS, Jampel HD, Hawkins BS, Vollenweider D, Chelladurai Y, Ward D, Suarez-Cuervo C, Robinson KA. Comparative effectiveness of treatments for open-angle glaucoma: a systematic review for the U.S. Preventive Services Task Force. *Ann Intern Med*. 2013 Feb 19;158(4):271–279. doi: 10.7326/0003-4819-158-4-201302190-00008.
- Gaasterland DE, Pollack IP. Initial experience with a new method of laser transscleral cyclophotocoagulation for ciliary ablation in severe glaucoma. *Trans Am Ophthalmol Soc*. 1992;90:225–243; discussion 243–246. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1298436/>
- Gelb L, Friedman DS, Quigley HA, Lyon DW, Tan J, Kim EE, Zimmerman TJ, Hahn SR. Physician beliefs and behaviors related to glaucoma treatment adherence: the Glaucoma Adherence and Persistence Study. *J Glaucoma*. 2008 Dec;17(8):690–698. doi: 10.1097/IJG.0b013e31816b3001.
- Loon SC, Jin J, Jin Goh M. The relationship between quality of life and adherence to medication in glaucoma patients in Singapore. *J Glaucoma*. 2015 Jun-Jul;24(5):e36–42. doi: 10.1097/IJG.000000000000007.
- Schneider KJ, Hollenhorst CN, Valicevic AN, Niziol LM, Heisler M, Musch DC, Cain SM, Newman-Casey PA. Impact of the Support, Educate, Empower Personalized Glaucoma Coaching Program Pilot Study on Eye Drop Instillation Technique and Self-Efficacy. *Ophthalmol Glaucoma*. 2021 Jan-Feb;4(1):42–50. doi: 10.1016/j.ogla.2020.08.003.
- Gaasterland DE, Pollack IP. Initial experience with a new method of laser transscleral cyclophotocoagulation for ciliary ablation in severe glaucoma. *Trans Am Ophthalmol Soc*. 1992;90:225–243; discussion 243–246. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1298436/>
- Iliev ME, Gerber S. Long-term outcome of trans-scleral diode laser cyclophotocoagulation in refractory glaucoma. *Br J Ophthalmol*. 2007 Dec;91(12):1631–1635. doi: 10.1136/bjo.2007.116533.
- Seixas RCS, Russ HHA, Maestrini HA, Balbino M, Fernandes TAP, Lima NVDA, Lopes NLV, Neto TDSR. Slow coagulation versus micropulse transscleral cyclophotocoagulation for refractory childhood glaucoma. *Eur J Ophthalmol*. 2024 Nov;34(6):1932–1940. doi: 10.1177/11206721241236920.
- Ando F, Kawai T. Transscleral contact cyclophotocoagulation for refractory glaucoma: comparison of the results of pars plicata and pars plana irradiation. *Lasers Light Ophthalmol*. 1993;5:143.
- Bloom PA, Tsai JC, Sharma K, Miller MH, Rice NS, Hitchings RA, Khaw PT. “Cyclodiode”. Trans-scleral diode laser cyclophotocoagulation in the treatment of advanced refractory glaucoma. *Ophthalmology*. 1997 Sep;104(9):1508–1519; discussion 1519–1520. doi: 10.1016/s0161-6420(97)30109-2.
- Ndulue JK, Rahmatnejad K, Sanvicente C, Wizov SS, Moster MR. Evolution of Cyclophotocoagulation. *J Ophthalmic Vis Res*. 2018 Jan-Mar;13(1):55–61. doi: 10.4103/jovr.jovr_190_17.
- Бойко ЭВ, Куликов АН, Скворцов В.Ю. Оценка эффективности и безопасности применения диод-лазерной транссклеральной термотерапии цилиарного тела как способа лечения рефрактерной глаукомы. *Вестник офтальмологии*. 2014;130(5):64–66.
- Boiko ÉV, Kulikov AN, Skvortsov VYu. Evaluating the effectiveness and safety of diode laser trans-scleral thermotherapy of the ciliary body as a treatment for refractory glaucoma. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2014;130(5):64–66 (In Russ.).
- Егорова ЭВ, Соколовская ТВ, Узунян ДГ, Дробница АА. Оценка результатов контактной транссклеральной диод-лазерной циклокоагуляции с учетом изменений цилиарного тела при исследовании методом ультразвуковой биомикроскопии у больных с терминальной глаукомой. *Офтальмохирургия*. 2013;3:72–77.
- Egorova EV, Sokolovskaya TV, Uzunyan DG, Drobniitsa AA. Optimization of contact transscleral diode laser cyclophotocoagulation technique in patients with terminal glaucoma on the basis of ultrasound biomicroscopy. *Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery*. 2013;3:72–77 (In Russ.).
- Minhaz AT, Sevgi DD, Kwak S, Kim A, Wu H, Helms RW, Bayat M, Wilson DL, Orge FH. Deep Learning Segmentation, Visualization, and Automated 3D Assessment of Ciliary Body in 3D Ultrasound Biomicroscopy Images. *Transl Vis Sci Technol*. 2022 Oct 3;11(10):3. doi: 10.1167/tvst.11.10.3.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Скворцов Вячеслав Юрьевич
кандидат медицинских наук, преподаватель кафедры офтальмологии
<https://orcid.org/0000-0002-1345-9537>

Куликов Алексей Николаевич
доктор медицинских наук, профессор, начальник кафедры
и клиники офтальмологии
<https://orcid.org/0000-0002-5274-6993>

Тулин Дмитрий Валерьевич
врач-офтальмолог клиники офтальмологии
<https://orcid.org/0000-0003-3485-8227>

ABOUT THE AUTHORS

Skvortsov Vyacheslav Yu.
PhD, lecturer, Department of Ophthalmology
<https://orcid.org/0000-0002-1345-9537>

Kulikov Alexey N.
MD, Professor, head of the Department and Clinic of Ophthalmology
<https://orcid.org/0000-0002-5274-6993>

Tulin Dmitry V.
ophthalmologist, Clinic of Ophthalmology
<https://orcid.org/0000-0003-3485-8227>

Безопасность и эффективность склерокорнеальной фиксации торической интраокулярной линзы при отсутствии капсульной поддержки и авитрии

Е.В. Архипов¹С.В. Кузьмин¹О.И. Розанова^{1,2}

¹ Иркутский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК “Микрохирургия глаза” им. академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. Лермонтова, 337, Иркутск, 664017, Российская Федерация

² Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования — филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации
м-н Юбилейный, 100, Иркутск, 664049, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2026;23(1):45-52

В настоящее время имплантация торических ИОЛ является основным методом коррекции регулярного роговичного астигматизма у пациентов с катарактой. Вместе с тем слабость связочного аппарата хрусталика, отсутствие капсульной поддержки являются негативными факторами для применения торических ИОЛ. Вопрос возможности имплантации торических ИОЛ в данных клинических ситуациях, особенно при авитрии, остается открытым. **Цель:** оценить безопасность и эффективность склерокорнеальной фиксации торической ИОЛ при отсутствии капсульной поддержки и авитрии. **Материалы и методы.** Проведено проспективное исследование результатов склерокорнеальной фиксации торической ИОЛ ($n = 12$). Всем пациентам проведено комбинированное вмешательство, включая субтотальную витрэктомия и склерокорнеальную фиксацию торической ИОЛ. Помимо стандартного офтальмологического обследования выполнено ультразвуковое В-сканирование (VuMax HD Sonomed Inc. США), кератотопография (Pentacam HR, Oculus, Германия), оптическая когерентная томография (RTVue XR Avanti Optovue, США), проанализированы особенности хирургического течения, длительность оперативного вмешательства, наличие интра- и послеоперационных осложнений. Длительность наблюдения составила 12 месяцев после операции. **Результаты.** Продолжительность операции составила в среднем 57 минут [44, 76]. В ходе операции значимых осложнений не отмечено. По данным ультразвуковой биомикроскопии через 12 месяцев после хирургического вмешательства, в пяти случаях выявлен клинически незначимый наклон ИОЛ (от 5 до 7°). При проведении оптической когерентной томографии признаков манулярного отека не выявлено ни в одном случае. Фантов прорезания и экстернализации фланцев, проявлений инфекционных осложнений не было ни в одном случае. Значения некорригированной остроты зрения вдаль до операции составили 0,05 [0,01; 0,12], после операции — 0,32 [0,20; 0,60], максимально корригированная острота зрения до операции в среднем была 0,12 [0,05; 0,40], после операции — 0,40 [0,35; 0,50]. **Заключение.** Комбинированное хирургическое вмешательство, включающее витрэктомия и склерокорнеальную фиксацию торической ИОЛ, является эффективным и безопасным способом коррекции афакции и роговичного астигматизма в случаях отсутствия капсульной поддержки.

Ключевые слова: торическая ИОЛ, склерокорнеальная фиксация, шовная фиксация ИОЛ, витрэктомия, роговичный астигматизм, авитрия

Для цитирования: Архипов Е.В., Кузьмин С.В., Розанова О.И. Безопасность и эффективность склерокорнеальной фиксации торической интраокулярной линзы при отсутствии капсульной поддержки и авитрии. *Офтальмология*. 2026;23(1):45-52. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-45-52>

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

Конфликт интересов отсутствует.



Safety and Efficacy of Toric Intraocular Lens Sclerocorneal Fixation in the Absence of Capsular Support and Avitria

E.V. Arkhipov¹, S.V. Kuzmin¹, O.I. Rozanova^{1,2}

¹ Irkutsk Branch of S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Lermontov str., 337, Irkutsk, 664017, Russian Federation

² Irkutsk State Medical Academy of postgraduate education — Branch of the Additional Professional Education
“Russian Medical Academy of Continuing Professional Education”
Yubileiniy dstr., 100, Irkutsk, 664049, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2026;23(1):45–52

Currently, implantation of toric IOLs is the main correction method of regular corneal astigmatism in patients with cataracts. However, weakness of the lens zonules and lack of capsular support are negative factors for the use of toric IOLs. The question of the possibility of toric IOL implantation in these clinical situations remains open, especially in the state of avitria. **Purpose:** to evaluate the safety and efficacy of toric IOL sclerocorneal fixation in the absence of capsular support and avitria status. **Materials and methods:** a prospective study of the results of a toric IOL sclerocorneal fixation ($n = 12$) was conducted. All patients underwent a combined surgery, including subtotal vitrectomy and a toric IOL sclerocorneal fixation of. In addition to the standard ophthalmologic examination, ultrasound B-scanning (VuMax HD Sonomed Inc. USA), keratotopography (Pentacam HR, Oculus, Germany), optical coherence tomography (RTVue XR Avanti Optovue, USA) were performed; the features of the surgical course, duration of surgery, and the presence of intra- and postoperative complications were analyzed. The follow-up period was 12 months after surgery. **Results.** Average surgical time was 57 minutes [44, 76]. No significant complications were observed during surgery. According to ultrasound biomicroscopy data 12 months after surgery, a clinically insignificant tilt of the IOL (from 5 to 7 degrees) was detected in five cases. Optical coherence tomography did not reveal any signs of macular edema in any case. There were no cases of flange cutting and externalization, or manifestations of infectious complications. The values of uncorrected distance visual acuity before surgery were 0.05 [0.01; 0.12], after surgery — 0.32 [0.20; 0.60], the best corrected visual acuity before surgery was on average 0.12 [0.05; 0.40], after surgery — 0.40 [0.35; 0.50]. **Conclusion.** Combined surgery, including vitrectomy and sclerocorneal fixation of a toric IOL, is an effective and safe method for correcting aphakia and corneal astigmatism in cases where capsular support is absent.

Keywords: toric IOL, sclerocorneal fixation, suture IOL fixation, vitrectomy, corneal astigmatism, avitria

For citation: Arkhipov E.V., Kuzmin S.V., Rozanova O.I. Safety and Efficacy of Toric Intraocular Lens Sclerocorneal Fixation in the Absence of Capsular Support and Avitria. *Ophthalmology in Russia*. 2026;23(1):45–52. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-45-52>

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

There is no conflict of interests.

АКТУАЛЬНОСТЬ

В настоящее время «золотым стандартом» хирургии катаракты является микроинвазивная факоэмульсификация с имплантацией заднекамерных интраокулярных линз (ИОЛ) в капсульный мешок. Данный метод позволяет одновременно восстанавливать прозрачность оптических сред глаза и корректировать нарушения рефракции, включая астигматизм.

Согласно литературным данным, от 15 до 56 % пациентов имеют исходный астигматизм, негативно влияющий на качество зрения, что приводит к снижению остроты зрения, бликам, монокулярной диплопии и зрительным искажениям [1–3]. Начиная с первого упоминания К. Shimizu (1994) о возможности имплантации торической ИОЛ [4] и в последующем, было доказано, что применение данного вида линз в хирургии катаракты является высокоэффективным, безопасным способом коррекции исходного роговичного астигматизма [5]. Многочисленными авторами показана предсказуемость данного хирургического подхода к коррекции астигматизма при соблюдении точности измерения

преломляющих свойств роговицы и правил позиционирования ИОЛ [6–10]. В настоящее время имплантация торических ИОЛ является основным методом коррекции регулярного роговичного астигматизма у пациентов с катарактой.

Вместе с тем слабость связочного аппарата хрусталика, отсутствие капсульной поддержки являются негативными факторами для применения торических ИОЛ, и вопрос возможности имплантации таких ИОЛ в данных клинических ситуациях остается открытым.

В последние годы разработаны различные методы хирургического лечения афакии при отсутствии связочного аппарата и капсульной поддержки хрусталика. У этой группы пациентов достаточно часто проводится субтотальная витрэктомия из-за люксации в витреальную полость как нативного, так и искусственного хрусталика. Склеральная фиксация ИОЛ с использованием нитей из полипропилена или политетрафторэтилена в данной ситуации является методом выбора и характеризуется большим разнообразием технических приемов исполнения [11, 12]. В литературе представлены

публикации, подтверждающие высокую клиническую эффективность склеральной фиксации ИОЛ у пациентов с нарушением капсульной поддержки хрусталика и авитрией [12, 13]. Однако возможности имплантации торических ИОЛ при отсутствии капсульной поддержки и авитрии до конца не исследованы. Необходимость выполнения шовной фиксации ИОЛ в условиях авитрии повышает риски неправильного позиционирования ИОЛ и формирования послеоперационной рефракционной ошибки. Клиническая эффективность применения торической ИОЛ в условиях авитрии и отсутствия адекватной капсулярной поддержки не изучена.

Цель: проанализировать безопасность и эффективность склерокорнеальной фиксации торической ИОЛ при отсутствии капсульной поддержки и авитрии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено проспективное исследование результатов склеральной фиксации торической ИОЛ у 12 пациентов, прооперированных на базе Иркутского филиала ФГАУ НМИЦ «МНТК “Микрохирургия глаза” им. академика С.Н. Федорова» Минздрава России. Исследование проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией (принятой в июне 1964 г. (Хельсинки, Финляндия)) и пересмотренной в октябре 2000 г. (Эдинбург, Шотландия)), одобрено локальным Этическим комитетом. От каждого пациента получено добровольное информированное согласие.

Критерии включения:

1. Регулярный роговичный астигматизм более 1,5 дптр.
2. Послеоперационная посттравматическая афакия, люксия ИОЛ или нативного хрусталика в витреальную полость, посттравматическая пленчатая катаракта.
3. Проведение задней закрытой витрэктомии с имплантацией и подшиванием торической ИОЛ.

Критерии невключения:

1. Нерегулярный роговичный астигматизм.
2. Необходимость проведения различных вариантов кератопластики.
3. Грубые изменения в макулярной области и ожидаемый низкий функциональный результат.

Все пациенты прошли стандартное офтальмологическое обследование, а также ультразвуковое В-сканирование (VuMax HD Sonomed Inc. США), оптическую биометрию (IOL Master 700, Carl Zeiss Meditec, Германия), кератотопографию (Pentacam HR, Oculus, Германия), оптическую когерентную томографию (RTVue XR Avanti Optovue, США). Были проанализированы особенности хирургического течения, длительность оперативного вмешательства, наличие интра- и послеоперационных осложнений, а также данные полученной манифестной рефракции.

Длительность наблюдения составила 12 месяцев после операции.

Хирургическая техника

Перед оперативным лечением под контролем щелевой лампы проведена разметка роговицы по горизонтальному меридиану. После обработки операционного поля с помощью предварительно окрашенного торического метчика выполнена отметка расчетной оси астигматизма. Этап витрэктомии начинался с установки трех портов 25G по стандартной технологии. Дополнительно проведены манипуляции, соответствующие исходному состоянию глаза.

Техника имплантации ИОЛ осуществлялась следующим образом. Торическую ИОЛ прошивали полипропиленовой нитью 8.0 по меткам оси цилиндра линзы в области двух точек метки ИОЛ от оптики с двух сторон. Далее на свободном краю нити термокаутером были сформированы утолщения (фланцы), и путем подтягивания нити фланец упирался в тело линзы. С помощью канюли проводника 20G иглы нити поэтапно проведены через картридж ИОЛ. ИОЛ заправлены в картридж согласно рекомендациям производителя таким образом, чтобы нити находились над линзой. С помощью инжектора ИОЛ имплантирована в переднюю камеру, нити с иглами оставались вне глаза. С помощью циркуля отмечали точку в 2,7 мм от лимба. Иглой 29G производили прокол глаза в отмеченной точке, при этом кончик иглы должен был проходить под радужкой. Иглу нити вводили в переднюю камеру через основной доступ, а край иглы — в просвет иглы 29G и совместно выводили на поверхность склеры. Аналогичные манипуляции проведены с противоположной стороны. Иглу нити проводили склерокорнеально через предварительно сформированный парацентез. Иглу нити обрезали, нити с помощью крючка выводили через парацентез. ИОЛ центрировали с помощью нитей. Далее на концах нитей, фиксирующих ИОЛ, формировали фланцы и погружали их в парацентез. Проводили аспирацию вискоэластика и гидратацию корнеоцентезов, убрали порты.

Расчет оптической силы ИОЛ

Для расчета оптической силы ИОЛ использованы значения симулированной кератометрии Sim K дисплея Cataract pre-op (Pentacam HR, Oculus, Германия) и данные оптической биометрии (IOL Master 700, Carl Zeiss Meditec), онлайн-калькулятор Kane. В качестве целевой рефракции был установлен сферический эквивалент в $-0,50$ дптр, для хирургически индуцированного астигматизма принято значение $0,25$ дптр. Исключение составил один случай с люксацией торической ИОЛ в витреальную полость, где ранее имплантированная ИОЛ была исходно рассчитана на миопическую рефракцию $-2,0$ дптр.

Статистический анализ проведен с применением компьютерной программы Statistica 10.0. Описательная статистика представлена в виде медианы [25-го; 75-го перцентилей]. При сравнении параметров зависимой выборки использовали критерий Вилкоксона. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В представленной серии клинических случаев показания к хирургическому лечению были различными (табл. 1) и включали люк்சацию нативного хрусталика в витреальную полость ($n = 3$), постоперационную и посттравматическую афакию ($n = 3$), помутнение ИОЛ ($n = 2$), люк்சацию торической ИОЛ в витреальную полость ($n = 1$), обширный интраоперационный разрыв задней капсулы ($n = 1$), травматическую пленчатую катаракту ($n = 1$), синдром «увеит — глаукома — гифема» ($n = 1$). Аксиальная длина глаза составила 24,39 [23,21; 24,50] мм. Кератометрические показатели имели значительный разброс значений и составили в среднем: K1 42,50 [41,25; 43,75] дптр, K2 45,87 [44,12; 47,37] дптр. Величина роговического астигматизма, по данным авто-рефрактокератометра, составила 2,12 [2,00; 4,00] дптр. При этом у шести пациентов имелся посттравматический рубец роговицы различной степени выраженности.

Длительность операции зависела от объема хирургического вмешательства (табл. 2) и составила в среднем 57 [44; 76] минут. В ходе операции у всех пациентов значимых осложнений при выполнении манипуляций по имплантации, прошиванию и центрации ИОЛ не отмечено. В двух случаях (у пациентов, принимавших антикоагулянтную терапию по соматическим показаниям) зафиксировано локальное кровотечение из зоны прокола иглой-проводником, которое было купировано транзиторным повышением ирригационного давления и внутривенным введением гемостатических препаратов, кровь была эвакуирована витреотомом.

Таблица 2. Особенности течения хирургического вмешательства и послеоперационного периода

Table 2. Features of the surgical intervention course and postoperative period

№	Длительность операции (мин.) Length of surgery	Течение операции Intervention course	Модель ИОЛ IOL model	Послеоперационный период Postoperative period
1	60	Без особенностей No complications	Tecnis Toric ZCT	Без особенностей No complications
2	40	Без особенностей No complications	Tecnis Toric ZCT	Без особенностей No complications
3	90	Без особенностей No complications	Tecnis Toric ZCT	Воспалительная реакция I–II степени Grade I–II inflammatory reaction
4	40	Без особенностей No complications	HumanOptics Torica-aAY	Без особенностей No complications
5	45	Без особенностей No complications	Tecnis Toric ZCT	Повышение ВГД IOP elevation
6	50	Локальное кровотечение из зоны прокола иглы-проводника Local bleeding from the puncture area of the guide needle	Tecnis Toric ZCT	Гипотония Hypotony
7	60	Локальное кровотечение из зоны прокола иглы-проводника Local bleeding from the puncture area of the guide needle	Tecnis Toric ZCT	Без особенностей No complications
8	65	Без особенностей No complications	Rayner T-Flex	Без особенностей No complications
9	60	Без особенностей No complications	Tecnis Toric ZCT	Без особенностей No complications
10	50	Без особенностей No complications	Tecnis Toric ZCT	Гипотония Hypotony
11	60	Без особенностей No complications	Tecnis Toric ZCT	Без особенностей No complications
12	50	Без особенностей No complications	Clareon Toric	Без особенностей No complications

Таблица 1. Объем хирургического вмешательства у обследованных пациентов

Table 1. The volume of surgical intervention in the examined patients

№	Пол, возраст Gender, age	Показания к имплантации ИОЛ Indications for IOL implantation	Показания к витректомии Indications for vitreoectomy	Сопутствующая патология Concomitant pathology
1	м, 54 m, 54	Замена монофокальной децентрированной ИОЛ Replacement of monofocal decentered IOL	Выраженное помутнение стекловидного тела Pronounced clouding of the vitreous body	Рубец роговицы Corneal scar
2	ж, 77 f, 77	Люк்சация нативного хрусталика в витреальную полость Native lens luxation into the vitreal cavity	Этап удаления люксованного хрусталика The stage of removal of the luxated lens	
3	м, 44 f, 44	Посттравматическая афакия Post-traumatic aphakia	Помутнение стекловидного тела Clouding of the vitreous body	Рубец роговицы Corneal scar
4	м, 57 m, 57	Посттравматическая афакия Post-traumatic aphakia	Помутнение стекловидного тела Clouding of the vitreous body	Рубец роговицы Corneal scar
5	ж, 78 f, 78	Послеоперационная афакия Post-traumatic aphakia	Помутнение стекловидного тела Clouding of the vitreous body	Рубец роговицы Corneal scar
6	ж, 78 f, 78	Обширный дефект задней капсулы хрусталика Extensive defect of the posterior lens capsule	Люк்சация хрусталиковых масс в витреальную полость Luxation of lens masses into the vitreal cavity	
7	м, 88 m, 88	Замена помутневшей торической ИОЛ Replacing the cloudy toric IOL	Помутнение стекловидного тела Clouding of the vitreous body	
8	ж, 83 f, 83	Торическая ИОЛ, люксованная в витреальную полость Toric IOL luxated into the vitreal cavity	Этап репозиции ИОЛ The IOL reposition stage	
9	ж, 50 f, 50	Люк்சация нативного хрусталика в витреальную полость Native lens luxation into the vitreal cavity	Этап удаления люксованного хрусталика The stage of removal of the luxated lens	
10	м, 60 m, 60	Замена фиксированной к радужке торической ИОЛ Replacement of the toric IOL fixed to the iris	Гемофтальм Hemophthalmos	Синдром «увеит — глаукома — гифема» Uveitis-glaucoma-hyphema syndrome
11	м, 77 m, 77	Травматическая пленчатая катаракта Traumatic film cataract	Помутнение стекловидного тела Clouding of the vitreous body	Рубец роговицы Corneal scar
12	м, 44 m, 44	Люк்சация нативного хрусталика в витреальную полость Native lens luxation into the vitreal cavity	Этап удаления люксованного хрусталика The stage of removal of the luxated lens	Рубец роговицы Corneal scar

В первые несколько суток после операции у двух пациентов наблюдалась транзиторная гипотония, которая была купирована медикаментозно. В одном случае (у пациента с сопутствующей вторичной глаукомой) было отмечено повышение внутриглазного давления, что потребовало коррекции гипотензивной терапии. В другом случае (у пациента с иммунологически скомпрометированным статусом) наблюдалась воспалительная реакция I–II степени, которая также была купирована медикаментозно. В отдаленном периоде значения ВГД (P_0) составили 12,6 [11,0; 14,0] мм рт. ст.

При проведении биомикроскопии в послеоперационном периоде установлено, что у всех пациентов ИОЛ занимала правильное положение в проекции зрачка, была центрирована, случаев ротации ИОЛ по оси не выявлено. По данным ультразвуковой биомикроскопии (УБМ), ни в одном случае не было контакта ИОЛ с радужкой (рис. 1). Наклон линзы наблюдался в пяти случаях и составлял от 5 до 7°, при этом пациенты не предъявляли жалоб и имели достаточно высокие зрительные функции.

Со стороны роговицы и заднего отрезка не отмечено отрицательных явлений. При проведении оптической когерентной томографии (ОКТ) признаков макулярного отека не выявлено ни в одном случае. Фактов прорезания и экстернализации фланцев, проявлений инфекционных осложнений не было ни в одном случае. При анализе ОКТ-сканов переднего отрезка глаза наличие патологической рефлексивности ткани роговицы в области залегания фланцев не отмечено (рис. 2).

В результате хирургического лечения у всех пациентов отмечено существенное повышение остроты зрения. Значения некорригированной остроты зрения вдали до операции составили 0,05 [0,01; 0,12], после операции — 0,32 [0,20; 0,60], максимально корригированная острота зрения до операции в среднем была 0,12 [0,05; 0,40], после операции — 0,40 [0,35; 0,50]. Объективная

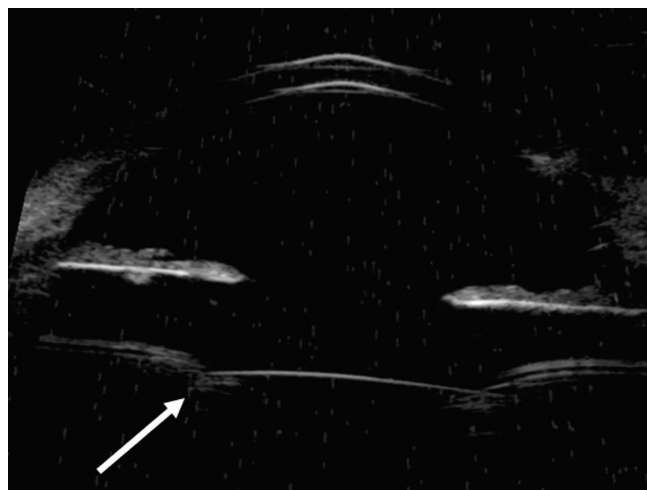


Рис. 1. УБМ-скан переднего отрезка глаза в отдаленном периоде после склерокорнеальной фиксации торической ИОЛ. Стрелкой указано положение ИОЛ

Fig. 1. UBM scan of the anterior segment of the eye in the long-term period after sclerocorneal fixation of the toric IOL. The arrow indicates the position of the IOL

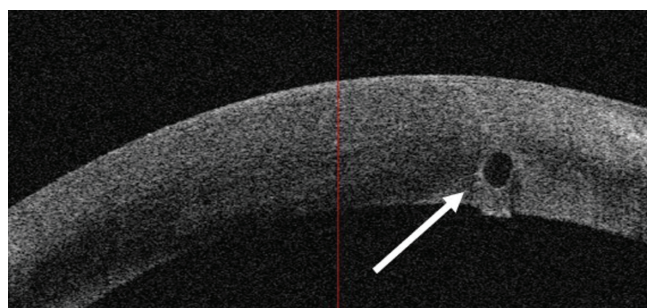


Рис. 2. ОКТ-скан роговицы в зоне расположения конечного фланца (указан стрелкой)

Fig. 2. OCT scan of the cornea in the area of the end flange (indicated by the arrow)

Таблица 3. Данные дооперационных значений кератометрии, прогнозируемого и полученного рефракционного результата

Table 3. Data on preoperative keratometry values, predicted and obtained refractive results

№	Кератометрические данные Keratometric data			Астигматизм роговицы, дптр Corneal astigmatism, dpt	Прогнозируемая рефракция Predicted refraction			Полученная рефракция The resulting refraction		
	K1, дптр / dpt	K2, дптр / dpt	Ах K2, град / degree		Sph, дптр / dpt	Cyl, дптр / dpt	Ах, град / degree	Sph, дптр / dpt	Cyl, дптр / dpt	Ах, град / degree
1	42,75	49,00	67	6,25	0,19	1,16	66	0,00	-1,00	168
2	44,50	46,25	152	2,00	-1,04	0,25	170	-0,25	-1,00	24
3	41,75	48,75	79	7,00	-0,43	1,04	64	-1,25	-2,50	15
4	41,25	43,50	132	2,25	0,25	0,03	127	0,50	-2,00	59
5	41,25	44,25	175	2,00	-0,49	0,54	7	-1,00	-0,50	65
6	44,00	46,00	11	2,00	-0,19	0,21	98	-0,25	-0,75	48
7	45,00	47,50	19	1,50	-0,28	0,48	21	0,00	-1,25	163
8	42,25	44,00	86	1,75	-2,00	0,15	176	-3,25	0,00	0
9	43,25	45,75	82	2,50	-0,50	-0,25	170	-0,25	-1,50	60
10	43,50	47,25	103	4,00	-0,27	0,75	100	0,00	-1,00	171
11	38,25	40,25	52	2,00	-0,30	0,64	43	-0,75	-0,25	13
12	40,25	44,25	111	4,00	-0,75	0,27	108	-0,75	-1,75	29

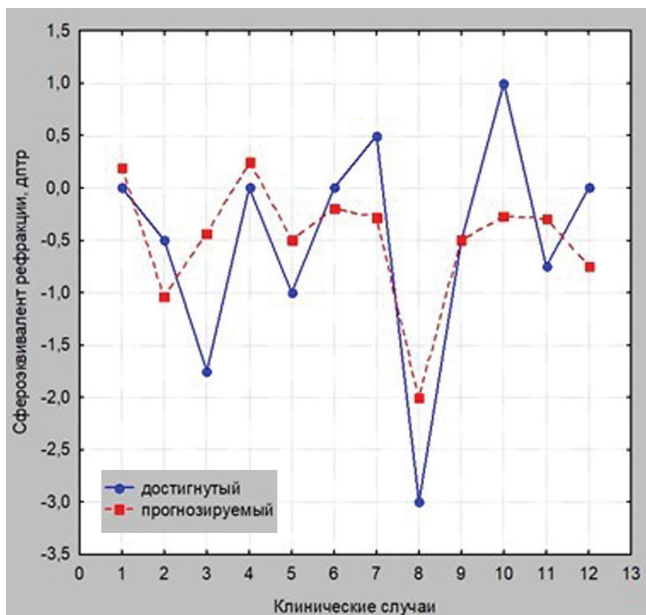


Рис. 3. Сопоставление прогнозируемого и достигнутого рефракционного результата

Fig. 3. Comparison of the predicted and achieved refractive result

оценка рефракционного результата хирургического лечения показала, что сферический компонент рефракции составил $-0,25$ $[-0,87; 0,00]$ дптр, цилиндрический — $-1,00$ $[-2,00; 0,00]$ дптр.

В таблице 3 представлены данные дооперационных значений кератометрии, прогнозируемого и полученного рефракционного результата для каждого пациента. При сравнении полученной рефракции с прогнозируемыми значениями видно, что отклонение по сферозиваленту в 10 из 12 случаев не превышает 1,0 дптр (рис. 3). У 4 пациентов, имеющих посттравматические рубцовые изменения роговицы, послеоперационный цилиндрический компонент рефракции имел расхождения с прогнозируемым более 2,0 дптр. Несмотря на это, пациенты были удовлетворены полученным зрением.

ОБСУЖДЕНИЕ

Трансклеральная фиксация моноблочных ИОЛ продолжает оставаться спорной технологией, особенно в отсутствие капсульной поддержки. Несмотря на то что существуют потенциальные осложнения, связанные с травматизацией из-за движения ИОЛ, включая дисперсию пигмента, повышенное внутриглазное давление, внутриглазное кровоизлияние и кистозный макулярный отек [14], правильное позиционирование ИОЛ на достаточном расстоянии позади от радужки является неоспоримым достоинством данного подхода. Метод трансклеральной фиксации ИОЛ сочетает в себе не только возможность применения при витреоретинальном вмешательстве с обеспечением необходимого барьера между передней и задней камерами глаза, но и возможность выбора различного типа ИОЛ [12].

В 2009 г. А.Ф. Borkenstein и соавт. представили случай трансклеральной фиксации моноблочной торической ИОЛ (Rayner 570T) в афакичном глазу и показали, что такой подход к фиксации торической ИОЛ возможен и может привести к хорошей зрительной реабилитации [15]. Позднее М.Е. Emanuel и соавт. описали репозицию и возможность шовной фиксации моноблочной торической ИОЛ (AcrySof IQ Toric SN6AT, Alcon) [16]. Ситуации с подшиванием моноблочных торических ИОЛ были представлены для линз из различного материала (гидрофильного и гидрофобного акрила, силикона), включая добавочные типы [2, 17–20], при этом чаще всего использованы полипропиленовые нити 9.0–10.0 с погружением фиксирующих элементов в склеральные карманы.

В данном исследовании проанализированы клинические результаты выполнения склерокорнеальной фиксации торической ИОЛ в условиях отсутствия капсульной поддержки и при наличии авитрии, когда для фиксации ИОЛ был использован метод А.А. Кожухова и соавт., имеющий высокую клиническую эффективность и безопасность [21–23]. Основаниями для использования этой методики послужили несколько факторов. Во-первых, применение нитей малого диаметра (10.0–8.0) сопровождается минимальной травматизацией линзы и внутриглазных структур; во-вторых, возможность использовать инъекторную систему имплантации ИОЛ позволяет выполнять манипуляции с малым корнеальным доступом; в-третьих, центрирование ИОЛ перед формированием фланцев и погружением их в парацентез обеспечивает правильное расположение ИОЛ позади плоскости радужки. Нами была выбрана полипропиленовая нить 8.0, которая является оптимальной для подшивания ИОЛ, сочетая высокую эластичность, прочность, и минимальные риски биодеградации [14]. Простота выполнения манипуляций позволила нам ввести новые моменты, необходимые для имплантации и фиксации торической ИОЛ: прошивание линзы проводилось по определенному стандарту в области расположения торических меток, фиксация к склере выполнялась в зоне расчетного меридиана в зависимости от оси астигматизма.

Представленная серия клинических случаев показывает, что метод склерокорнеальной фиксации торической ИОЛ обеспечивает стабильное положение ИОЛ с достижением высоких зрительных функций при отсутствии значимых интра- и послеоперационных осложнений. Через один год после хирургического вмешательства ИОЛ занимает правильное центральное положение в задней камере и вне контакта с радужкой.

Вместе с тем результаты исследования показали определенное расхождение между прогнозируемым рефракционным результатом и достигнутой рефракцией вследствие хирургического лечения. Причиной расхождений могут быть некорректная биометрия при непрозрачных

оптических средах, некорректные данные о глубине передней камеры в ситуациях афакии и положение подшитой ИОЛ в глазу, отличное от расчетного эффективного положения линзы, изменение биомеханики переднего отрезка и т. д. Выявленный при УБМ наклон ИОЛ был минимальным и клинически незначимым, однако данный факт также может быть причиной отклонения рефракционных показателей.

Авторы понимают, что данное исследование имеет определенные ограничения за счет небольшого количества пациентов и малого времени наблюдения. Оценка стабильности положения торических ИОЛ, фиксированных с помощью представленного метода, рефракционного и функционального эффекта в более отдаленном периоде требует накопления клинического материала и дальнейшего анализа.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Кобаев СЮ, Ильинская ИА, Бессарабов АН. Роговичный астигматизм при различной офтальмопатологии. Вестник офтальмологии. 2021;137(2):59–65. Kobaev SYU, Ilinskaya IA, Bessarabov AN. Corneal astigmatism in patients with various ophthalmic pathologies. Russian Annals of Ophthalmology. 2021;137(2):59–65 (In Russ.). doi: 10.17116/oftalma202113702159.
2. Ward MS, Hou AC, Murphy DA, Schmutz MA, Riaz KM. Scleral Fixation of a Toric Lens to Treat Corneal Astigmatism in Eyes without Capsular Support. Clin Ophthalmol. 2021 Jun 3;15:2317–2325. doi: 10.2147/OPHT.S311706.
3. Ward MS, Hou AC, Murphy DA, Schmutz MA, Riaz KM. Scleral Fixation of a Toric Lens to Treat Corneal Astigmatism in Eyes without Capsular Support. Clin Ophthalmol. 2021 Jun 3;15:2317–2325. doi: 10.2147/OPHT.S311706.
4. Shimizu K, Misawa A, Suzuki Y. Toric intraocular lenses: correcting astigmatism while controlling axis shift. J Cataract Refract. Surg. 1994;20(5):523–526.
5. Малиugin БЭ. Хирургия катаракты и интраокулярная коррекция на современном этапе развития офтальмохирургии. Вестник офтальмологии. 2014;130(6):80–88. Maliugin BE. State-of-the-art cataract surgery and intraocular optical correction. Russian Annals of Ophthalmology. 2014;130(6):80–88 (In Russ.).
6. Бикбов ММ, Оренбуркина ОИ, Бабушкин АЭ, Тулякова АМ. Современные подходы к коррекции остаточного астигматизма после операции факоэмульсификации катаракты. Клиническая офтальмология. 2022;22(1):51–57. Bikbov MM, Orenburkina OI, Babushkin AE, Tulyakova AM. Modern approaches to correction of residual astigmatism after cataract phacoemulsification surgery. Clinical ophthalmology. 2022;22(1):51–57 (In Russ.). doi: 10.32364/2311-7729-2022-22-1-51-57.
7. Измайлова СБ, Малиugin БЭ, Муравьев СВ, Семькин АЮ. Первый опыт использования системы CALLISTO EYE в хирургии катаракты с имплантацией торической ИОЛ. Современные технологии в офтальмологии. 2014;3:37–38. Izmailova SB, Malyugin BE, Muraviev SV, Semykin AYU. The first experience of using the CALLISTO EYE system in cataract surgery with implantation of a toric IOL. Modern technologies in ophthalmology. 2014;3:37–38 (In Russ.).
8. Филатов АВ, Субботина ИН. Клинические результаты факоэмульсификации катаракты с имплантацией торической интраокулярной линзы у пациентов с астигматизмом. Вестник Оренбургского государственного университета. 2010;112(12):232–233. Filatov AV, Subbotina IN. Clinical results of cataract phacoemulsification with implantation of a toric intraocular lens in patients with astigmatism. Bulletin of Orenburg State University. 2010;112(12):232–233 (In Russ.).
9. Chang DF. Mastering refractive IOLs; the art and science. Thorofare: SLACK incorporated, 2008. 895 p.
10. Сенченко НЯ, Розанова ОИ, Шантурова МА, Мищенко ОП, Юрьева ТН. Оптимизация расчета оптической силы торической ИОЛ у пациентов с катарактой и измененной топографией роговицы. Офтальмохирургия. 2016;1:6–13. Senchenko NYa, Rozanova OI, Shanturova MA, Mishchenko OP, Yuryeva TN. Optimization of calculation of optical strength of toric IOL in patients with cataracts and altered corneal topography. Ophthalmosurgery. 2016;1:6–13 (In Russ.).
11. Кожухов АА, Унгурьянов ОВ, Румянцев АД. Систематизация и анализ методов склеральной фиксации ИОЛ. Современные технологии в офтальмологии. 2019;5:49–54. Kozhukhov AA, Unguryanov OV, Romyantsev AD. Systematization and analysis of methods of scleral fixation of IOL. Modern technologies in ophthalmology. 2019;5:49–54 (In Russ.).
12. Файзрахманов РР, Шишкин ММ, Коновалова КИ, Карпов ГО. Трансклеральная фиксация ИОЛ. От сложного к простому. Уфа: Башк. энцикл., 2020:104. Fayzrahmanov RR, Shishkin MM, Konovalova KI, Karpov GO. Transcleral fixation of IOL. From complex to simple. Ufa: Bashkir. The encyclopedia, 2020:104 (In Russ.).
13. Сажин ТТ, Соколова МО. Склерокорнеальная фиксация заднекамерных интраокулярных линз в осложненных случаях хирургии катаракты с использованием политетрафторэтиленовых нитей. Офтальмохирургия. 2024;1:13–20. Sazhin TG, Sokolova MO. Sclerocorneal fixation of posterior chamber intraocular lenses in complicated cases of cataract surgery using polytetrafluoroethylene filaments. Ophthalmosurgery. 2024;1:13–20 (In Russ.). doi: 10.25276/0235-4160-2024-1-13-20.
14. Chang DF, Masket S, Miller KM. ASCRS Cataract Clinical Committee. Complications of sulcus placement of single-piece acrylic intraocular lenses: recommendations for backup IOL implantation following posterior capsule rupture. J Cataract Refract Surg. 2009;35(8):1445–1458. doi: 10.1016/j.jcrs.2009.04.027.
15. Borkenstein AF, Reuland A, Limberger JJ, Rabalber TM, Auffarth GU. Transscleral fixation of a toric intraocular lens to correct aphakic keratoplasty with high astigmatism. J Cataract Refract Surg. 2009 May;35(5):934–938. doi: 10.1016/j.jcrs.2008.10.062.
16. Emanuel ME, Randleman JB, Masket S. Scleral fixation of a one-piece toric intraocular lens. J Refract Surg. 2013;29(2):140–142. doi: 10.3928/1081597X-20130117-10.
17. McGrath LA, Lee G.A. Transscleral fixation of a supplementary toric intraocular lens to prevent rotation in a pseudophakic patient. J Cataract Refract Surg. 2013;39(1):134–138. doi: 10.1016/j.jcrs.2012.07.042.
18. Arjmand P, Chan TY, Ahmed II. Transscleral suture fixation following recurrent toric intraocular lens rotation. J Cataract Refract Surg. 2015;41(5):912–917. doi: 10.1016/j.jcrs.2015.04.008.
19. Krix-Jachym K, Blagun N, Rekas M. Scleral Fixation of Toric Intraocular Lens in the Absence of Capsular Support. Case Rep Ophthalmol Med. 2024;2024:7157592. doi: 10.1155/2024/7157592.
20. Кузьмин СВ, Архипов ЕВ, Шуко АГ, Юрьева ТН, Розанова ОИ. Способ склеральной фиксации торической заднекамерной ИОЛ при несостоятельности связочного аппарата хрусталика или отсутствии капсульного мешка. Патент на изобретение RU 2785485, 08.12.2022. Kuzmin SV, Arkhipov EV, Shchuko AG, Yurieva TN, Rozanova OI. Method of scleral fixation of the toric posterior chamber IOL in case of failure of the ligamentous apparatus of the lens or absence of a capsule sac. Patent for invention RU 2785485, 12.08.2022 (In Russ.).
21. Коновалов МЕ, Кожухов АА, Зенина МЛ, Горенский АА, Горбункова МВ. Новый способ склерокорнеальной фиксации заднекамерных интраокулярных линз. Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии. 2011;56–61. Konovalov ME, Kozhukhov AA, Zenina ML, Gorensky AA, Gorbunkova MV. A new method of sclerocorneal fixation of posterior chamber intraocular lenses. Modern technologies of cataract and refractive surgery. 2011;56–61 (in Russ.).
22. Кожухов АА, Горбункова МВ. Способ фиксации интраокулярной линзы. Патент РФ на изобретение 2446777 10.04.2012. Kozhukhov AA, Gorbunkova MV. Method of intraocular lens fixation. RF Patent for invention No. 2446777, 10.04.2012 (In Russ.).
23. Кожухов АА, Унгурьянов ОВ, Семкина АС. Исследование способов репозиции ИОЛ с применением различных модификаций техники склерокорнеальной фиксации. Современные технологии в офтальмологии. 2020;4(35):380–381. Kozhukhov AA, Unguryanov OV, Semakina AS. Investigation of IOL reposition methods using various modifications of the sclerocorneal fixation technique. Modern technologies in ophthalmology. 2020;4(35):380–381 (In Russ.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комбинированная хирургическая техника, включающая витрэктомию и склерокорнеальную фиксацию торической ИОЛ, является эффективным и безопасным способом коррекции афакии и роговичного астигматизма при отсутствии капсульной поддержки. Техника достаточно проста и воспроизводима, может быть рекомендована для данной категории пациентов.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Архипов Е.В. — концепция и дизайн исследования, написание чернового варианта статьи;

Кузьмин С.В. — сбор и обработка материалов, составление библиографического списка;

Розанова О.И. — редактирование текста, финальное рецензирование.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Архипов Егор Владимирович
врач-офтальмолог
<https://orcid.org/0000-0001-8645-7930>

Кузьмин Сергей Владимирович
заведующий операционным блоком, врач-офтальмолог
<https://orcid.org/0000-0002-1590-7743>

Розанова Ольга Ивановна
доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник
научно-образовательного отдела
<https://orcid.org/0000-0003-3139-2409>

ABOUT THE AUTHORS

Arkhipov Egor V.
ophthalmologist
<https://orcid.org/0000-0001-8645-7930>

Kuzmin Sergey V.
head of the Operating Unit, ophthalmologist
<https://orcid.org/0000-0002-1590-7743>

Rozanova Olga I.
MD, Professor, leading researcher at the Scientific
and Educational Department
<https://orcid.org/0000-0003-3139-2409>

Оптимизация а-констант модельного ряда интраокулярных линз на платформе Clareon®

Д.Ф. Белов^{1,2}Т.Ю. Куликаева¹В.П. Николаенко^{1,2}

¹ СПб ГБУЗ «Городская многопрофильная больница № 2»
пер. Учебный, 5, Санкт-Петербург, 194354, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»
Университетская наб., 7/9, Санкт-Петербург, 199034, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2026;23(1):53–58

Цель исследования: оптимизация а-констант модельного ряда интраокулярных линз (ИОЛ) на платформе Clareon® (Alcon, США). **Пациенты и методы.** В исследование вошли 206 пациентов (206 глаз), разделенных на группы в зависимости от модели имплантированной ИОЛ: 1 — монофокальная SY60WF ($n = 71$); 2 — Clareon Toric CNWOT2-9 ($n = 76$); 3 — Clareon PanOptix CNWTTT0-T6 ($n = 32$); 4 — Clareon Vivity CNWETO-T6 ($n = 27$). Всем пациентам выполнялась оптическая биометрия на аппарате IOL-Master 700 (Carl Zeiss, Германия). При расчете торических ИОЛ выполнялась кератотопография на приборе CASIA Corneal/Anterior Segment OCT SS-1000 (Tomey, Япония). Спустя месяц после фактоэмульсификации оценивался сферозэквивалент рефракции. Для оценки точности расчета ИОЛ использовалась средняя ошибка расчета ИОЛ (СОР). Оптимизация а-констант ИОЛ, предполагающая сведение СОР к нулю, производилась по методике, предложенной К. Hoffer. **Результаты.** СОР составила $0,32 \pm 0,42$ дптр для монофокальных Clareon SY60WF, $0,31 \pm 0,36$ дптр — для Clareon Toric CNWOT2-9, $0,38 \pm 0,34$ дптр — для Clareon PanOptix CNWTTT0-T6 и $0,10 \pm 0,34$ дптр — для Clareon Vivity CNWETO-T6. Приведение средней ошибки расчета ИОЛ к нулю позволило определить реальные значения а-констант для данных искусственных хрусталиков: 119,38 для Clareon SY60WF, 119,46 для Clareon Toric CNWOT2-9, 119,54 для Clareon PanOptix CNWTTT0-T6 и 119,30 для Clareon Vivity CNWETO-T6. **Заключение.** Применение предложенных а-констант позволит достичь оптимального рефракционного результата при использовании модельного ряда ИОЛ на платформе Clareon® и избежать гиперметропического сдвига рефракции.

Ключевые слова: фактоэмульсификация, расчет ИОЛ, биометрия, интраокулярная линза, мультифокальная ИОЛ, торическая ИОЛ, ИОЛ с формированием волнового фронта, а-константа

Для цитирования: Белов Д.Ф., Куликаева Т.Ю., Николаенко В.П. Оптимизация а-констант модельного ряда интраокулярных линз на платформе Clareon®. *Офтальмология*. 2026;23(1):53–58. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-53-58>

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

Конфликт интересов отсутствует.



A-constants Optimization for Intraocular Lenses on the Clareon® platform

D.F. Belov^{1,2}, T.Yu. Hulikaeva¹, V.P. Nikolaenko^{1,2}

¹ Saint-Petersburg Multifield Hospital no. 2
Uchebniy lane, 5, Saint-Petersburg, 194354, Russian Federation

² Saint Petersburg State University
University emb., 7/9, Saint-Petersburg, 199034, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2026;23(1):53–58

Purpose. To optimize a-constants for intraocular lenses (IOL) on the Clareon® (Alcon, USA) platform. **Material and methods.** The study included 206 patients (206 eyes) divided into 4 groups depending on IOL implanted model: the 1st — SY60WF ($n = 71$); the 2nd — Clareon Toric CNW0T2-9 ($n = 76$); the 3rd — Clareon PanOptix CNWTT0-T6 ($n = 32$); the 4th — Clareon Vivivity CNWET0-T6 ($n = 27$). Optical biometry was performed by IOL-Master 700 (Carl Zeiss, Germany). For toric IOL calculation keratotopography by CASIA Corneal/Anterior Segment OCT SS-1000 (Tomey, Japan) was performed. A month after phacoemulsification spherical equivalent of refraction was evaluated. Mean IOL calculation error (ME) was used to calculation accuracy assessment. A-constant optimization performed by ME zeroing. **Results.** ME was 0.32 ± 0.42 D for Clareon SY60WF, 0.31 ± 0.36 D for Clareon Toric CNW0T2-9, 0.38 ± 0.34 D for Clareon PanOptix CNWTT0-T6 and 0.10 ± 0.34 D for Clareon Vivivity CNWET0-T6. ME zeroing allows to define real a-constants for IOLs: 119.38 for Clareon SY60WF, 119.46 for Clareon Toric CNW0T2-9, 119.54 for Clareon PanOptix CNWTT0-T6 and 119.30 for Clareon Vivivity CNWET0-T6. **Conclusion.** Using of proposed a-constants for IOLs on Clareon® platform could help with target refraction achievement and to avoid a hyperopic refraction shift.

Keywords: phacoemulsification, IOL calculation, biometry, intraocular lens, multifocal IOL, toric IOL, enhance depth of focus IOL, a-constant

For citation: Belov D.F., Hulikaeva T.Yu., Nikolaenko V.P. A-constants Optimization for Intraocular Lenses on the Clareon® platform. *Ophthalmology in Russia*. 2026;23(1):53–58. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-53-58>

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

There is no conflict of interests.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день главным критерием качества катарактальной хирургии является получение предсказуемого рефракционного результата [1, 2], который складывается из прецизионной биометрии, аккуратного внесения достоверных данных в формулы расчета интраокулярных линз (ИОЛ), а также использования персонализированных а-констант. ИОЛ компании Alcon из гидрофобного материала AcrySof® являлись оптическим эталоном, и на основе их имплантации проводилась оптимизация формул расчета ИОЛ (Hill RBF [3], Kane [4], EVO [5] и др.), а также работа по сравнению точности калькуляторов между собой [2].

Появление материала Clareon® в 2019 г. актуализировало оптимизацию а-констант модельного ряда линз данной платформы (монофокальной SY60WF, торической Toric CNW0T2-9, мультифокальной дифракционной PanOptix CNWTT0-T6 и ИОЛ с формированием волнового фронта Vivivity CNWET0-T6), чтобы получить оптимальный рефракционный результат.

Целью данной работы явилась оптимизация а-констант модельного ряда интраокулярных линз на платформе Clareon®.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Данное проспективное когортное исследование выполнено на базе офтальмологического центра СПб ГБУЗ «Городская многопрофильная больница № 2», в исследование вошли 206 пациентов (206 глаз, 72 мужчины и 134 женщины, средний возраст $72,23 \pm 5,76$ года). В зависимости от модели имплантированной ИОЛ испытуемые были разделены на 4 группы:

- группа 1 — Alcon Clareon SY60WF (Alcon, США) ($n = 71$);
- группа 2 — Alcon Clareon Toric CNW0T2-9 (Alcon, США) ($n = 76$);
- группа 3 — Alcon Clareon PanOptix CNWTT0-T6 (Alcon, США) ($n = 32$);
- группа 4 — Alcon Clareon Vivivity CNWET0-T6 (Alcon, США) ($n = 27$).

Обращаем внимание, что ИОЛ PanOptix и Vivivity специально не подразделялись на торические и сферические.

Техника операции: стандартная факоэмульсификация (ФЭ) (разрез 2,2 мм и два парацентеза 1,2 мм) с имплантацией ИОЛ выполнялась одним хирургом на аппарате Alcon Centurion® Vision System (Alcon, США).

Критерии невключения в исследование: низкая острота зрения, приводящая к отсутствию фиксации взгляда,

Д.Ф. Белов, Т.Ю. Куликаева, В.П. Николаенко

Контактная информация: Белов Дмитрий Федорович belovd1990@gmail.com

Оптимизация а-констант модельного ряда интраокулярных линз на платформе Clareon®

а также возрастная макулярная дегенерация IV стадии по AREDS, невозможность выполнения оптической биометрии, наличие неправильного роговичного астигматизма, далекозашедшая и терминальная стадии глаукомы, синдром сухого глаза средней и тяжелой степени, предшествующие рефракционные операции и помутнения роговицы, интравитреальные вмешательства в анамнезе, интраоперационные (разрыв задней капсулы хрусталика, выпадение стекловидного тела, потребовавшее выполнение витрэктомии) и послеоперационные (uveит, офтальмогипертензия, кератопатия, эндофтальмит) осложнения.

Всем пациентам до операции для расчета ИОЛ выполнялась оптическая биометрия на аппарате IOL-Master 700 (Carl Zeiss, Германия). При расчете торических ИОЛ проводилась кератотопография на приборе CASIA Corneal/Anterior Segment OCT SS-1000 (Tomey, Япония). Спустя 1 месяц после ФЭ оценивался сферозэквивалент рефракции на авторефрактокератометре Торсон-8800 (Япония) для монофокальных линз (SY60WF и CNW0T2-9) [6–8] — по данным визометрии на фороптере для ИОЛ PanOptix CNWT0-T6 и Vivity CNWET0-T6 [9].

$$ER = \frac{1000 \times n_a \times (n_a \times \frac{337,5}{K} - n_c m1 \times LOPT) - IOL \times (LOPT - ACD) \times (n_a \times \frac{337,5}{K} - n_c m1 \times ACD)}{n_a \times (V \times (n_a \times \frac{337,5}{K} - n_a m1 \times LOPT \times r) - 0,001 \times IOL \times (LOPT - ACD) \times (V \times (n_a \times \frac{337,5}{K} - n_c m1 \times ACD) + ACD \times \frac{337,5}{K})}$$

где ER — ожидаемая послеоперационная рефракция, дптр;

n_a — рефракционный индекс водянистой влаги и стекловидного тела (1,336);

K — средняя преломляющая сила роговицы, дптр;

$n_c m1$ — рефракционный индекс роговицы минус 1 (1,333 - 1 = 0,333);

L — аксиальная длина глаза, мм;

V — вертексное расстояние от поверхности роговицы до очковой линзы — константа, равная 12 мм;

IOL — преломляющая сила интраокулярной линзы, дптр.

$LOPT$ — аксиальная длина глаза + толщина сетчатки, мм, рассчитываемая следующим образом:

$$LOPT = L + RETTHICK$$

$$RETTHICK = 0,65696 - 0,02029 \times L.$$

ACD — расчетная послеоперационная глубина передней камеры, мм, вычисляемая следующим образом:

Рассчитывается скорректированная аксиальная длина глаза (LCOR):

если $L \leq 24,4$, то $LCOR = L$;

если $L > 24,4$, то $LCOR = -3,446 + 1,716 \times L - 0,0237 \times L^2$.

Рассчитывается горизонтальный диаметр роговицы C_w , мм:

$$C_w = -5,41 + 0,58412 \times LCOR + 0,098 \times K.$$

Рассчитывается высота роговичного сегмента H , мм:

$$H = \frac{337,5}{K} - \sqrt{\left(\frac{337,5}{K}\right)^2 - \frac{C_w^2}{4}}$$

Для оценки точности расчета ИОЛ использовались следующие параметры: средняя ошибка расчета (COP) (разница между полученным через один месяц после ФЭ сферозэквивалентом и ожидаемой рефракцией), которая сводилась к 0 [10] для определения реальной а-константы конкретной модели ИОЛ, а также значение средней ошибки расчета по модулю (MCOP) и ее медианное значение (MeCOP).

Оптимизация а-констант ИОЛ, предполагающая сведение COP к нулю, производилась по методике, предложенной К. Hoffer [9]. В Microsoft Excel (версия 16.78) была создана база данных, включающая следующие параметры: средняя преломляющая сила роговицы, аксиальная длина глаза, оптическая сила имплантированной ИОЛ, соответствующее ей значение неоптимизированной и оптимизированной а-констант, ожидаемая рефракция по формуле SRK/T и, наконец, полученный через один месяц после ФЭ сферозэквивалент рефракции.

Расчет ожидаемой рефракции производился по формуле SRK/T [11], которая также была внесена в базу данных:

Рассчитывается Offset (расстояние от плоскости радужки до плоскости ИОЛ), мм:

Offset = ACDconst — 3,336; где ACDconst = 0,62467 × A — 68,747,

где A — а-константа ИОЛ.

Таким образом, ACD = H + offset.

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

Статистическая обработка производилась в программе Jamovi (The jamovi project (2021). jamovi (Version 2.6.44) [Computer Software]). Данные представлены в виде среднего значения и медианы, а также стандартного отклонения. Для определения нормальности распределения выборок использовался критерий Шапиро — Уилка. При сравнении средних значений в группах применялся однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA). Различия при $p \leq 0,05$ расценивались как статистически значимые. Применялся скорректированный коэффициент детерминации R^2 при анализе линейной регрессии.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В таблице 1 представлены средние значения биометрических параметров и оптической силы ИОЛ пациентов исследуемых групп.

В таблице 2 приведены значения COP, MCOP и MeCOP в исследуемых группах.

В таблице 3 приведены оптимизированные значения а-констант и других аналогичных параметров, отвечающих за эффективную позицию линзы при расчете ИОЛ.

Таблица 1. Средние значения биометрических параметров и оптической силы ИОЛ пациентов исследуемых групп**Table 1.** Mean biometric values and IOL power in study groups

Параметр / Parameter M ± SD (Me)	Модели ИОЛ / IOL models				ANOVA P
	Clareon SY60WF (n = 71)	Clareon Toric CNW0T2-9 (n = 76)	Clareon PanOptix CNWTT0-T6 (n = 32)	Clareon Vivity CNWET0-T6 (n = 27)	
Средняя преломляющая сила роговицы, дптр Mean keratometry, D	43,79 ± 1,33 (43,85)	44,38 ± 1,64 (44,41)	43,22 ± 1,26 (43,38)	44,01 ± 1,31 (44,17)	0,003
Аксиальная длина, мм Axial length, mm	23,86 ± 1,37 (23,46)	23,71 ± 1,90 (23,39)	24,27 ± 1,21 (24,09)	22,83 ± 1,15 (22,59)	0,002
Глубина передней камеры, мм Anterior chamber depth, mm	3,21 ± 0,49 (3,21)	3,02 ± 0,46 (2,93)	3,34 ± 0,35 (3,33)	3,03 ± 0,34 (3,07)	0,002
Оптическая сила ИОЛ, дптр IOL power, D	21,57 ± 3,33 (22,50)	21,38 ± 4,49 (22,25)	19,89 ± 4,25 (21,0)	23,92 ± 3,33 (23,00)	0,041

Таблица 2. Значения средней ошибки расчета, модуля средней ошибки расчета и медианной ошибки расчета ИОЛ в исследуемых группах**Table 2.** Mean IOL calculation error, mean absolute IOL calculation error and median absolute IOL calculation error in study groups

Параметр / Parameter M ± SD (Me)	Модели ИОЛ / IOL models			
	Clareon SY60WF (n = 71)	Clareon Toric CNW0T2-9 (n = 76)	Clareon PanOptix CNWTT0-T6 (n = 32)	Clareon Vivity CNWET0-T6 (n = 27)
Средняя ошибка расчета с заявленной а-константой, дптр Mean IOL calculation error with declared a-constant, D	0,32 ± 0,42	0,31 ± 0,36	0,38 ± 0,34	0,10 ± 0,34
Средняя ошибка расчета с оптимизированной а-константой, дптр Mean IOL calculation error with optimized a-constant, D	0,01 ± 0,55	0,00 ± 0,45	0,00 ± 0,48	0,01 ± 0,45
Модуль средней ошибки расчета с оптимизированной а-константой, дптр Mean absolute IOL calculation error with optimized a-constant, D	0,41 ± 0,37	0,35 ± 0,25	0,35 ± 0,32	0,33 ± 0,29
Медианная ошибка расчета с оптимизированной а-константой, дптр Median IOL calculation error with optimized a-constant, D	0,26 ± 0,37	0,28 ± 0,25	0,31 ± 0,32	0,27 ± 0,29

На рисунках 1–3 приведена зависимость некорригированной остроты зрения от сферозэквивалента послеоперационной рефракции для монофокальных, дифракционных и линз с формированием волнового фронта соответственно.

ОБСУЖДЕНИЕ

При сравнении средних значений биометрических параметров были обнаружены значимые отличия по аксиальной длине, преломляющей силе роговицы, глубине

Таблица 3. Оптимизированные значения параметров эффективной позиции линзы для разных формул расчета ИОЛ**Table 3.** Optimized values of effective lens position parameter for different IOL calculation formulas

Формула расчета ИОЛ IOL calculation formula	Параметр эффективной позиции линзы Effective lens position parameter	Модели ИОЛ / IOL models			
		Clareon SY60WF (n = 71)	Clareon Toric CNW0T2-9 (n = 76)	Clareon PanOptix CNWTT0-T6 (n = 32)	Clareon Vivity CNWET0-T6 (n = 27)
SRK/T	a-constant	119,38	119,46	119,54	119,30
Holladay I	SF	2,00	2,05	2,10	1,96
Hoffer Q	pACD	5,77	5,82	5,86	5,72
Barrett Universal II	Lens Factor	2,08	2,12	2,17	2,04
Haigis	a0	2,139	2,189	2,239	2,089
	a1	0,4	0,4	0,4	0,4
	a2	0,1	0,1	0,1	0,1

передней камеры (ГПК) и, ожидаемо, по оптической силе ИОЛ между группами. Этот факт обусловлен особенностями пациентов с имплантацией ИОЛ PanOptix, так как среди них чаще встречались индивиды с миопией и, соответственно, большими значениями переднезадней оси (ПЗО) и ГПК, а также с более плоской роговицей [12–14]. Исходная высокая острота зрения вблизи и желание ее сохранить после ФЭ, как правило, обуславливают выбор дифракционной оптики у пациентов с близорукостью [15, 16].

Имплантация ИОЛ с формированием волнового фронта (Vivity) чаще проводилась у лиц с более короткой аксиальной длиной. Глаза с малыми значениями ПЗО, как правило, имеют наиболее вариабельное строение переднего отрезка (крутая роговица, мелкая передняя камера, толстый хрусталик, короткая ПЗО), что способно приводить к появлению рефракционных ошибок из-за сложности предсказания эффективной позиции линзы [17, 18], к которым наиболее чувствительны дифракционные ИОЛ (рис. 2).

ИОЛ с формированием волнового фронта и монофокальные линзы имеют схожую зависимость НКОЗ и послеоперационной рефракции (рис. 1 и 3) и менее чувствительны к сдвигам, чем линзы PanOptix, что и обуславливало выбор ИОЛ Vivity у данной категории пациентов [19].

Оценка средней ошибки расчета ИОЛ показала наличие гиперметропического сдвига для всех моделей ИОЛ, который в среднем составил 0,30 дптр для монофокальных Clareon SY60WF и Clareon Toric CNW0T2-9, для Clareon PanOptix CNWTT0-T6 практически 0,40 дптр, наименьшее значение COP было у пациентов с имплантацией ИОЛ Clareon Vivity CNWET0-T6, которое составило 0,10 дптр. Данные, полученные нами, соотносятся с наблюдениями других авторов, которые описали появление гиперметропического сдвига при имплантации ИОЛ Clareon SY60WF [20] и Clareon PanOptix CNWTT0-T6 [21].

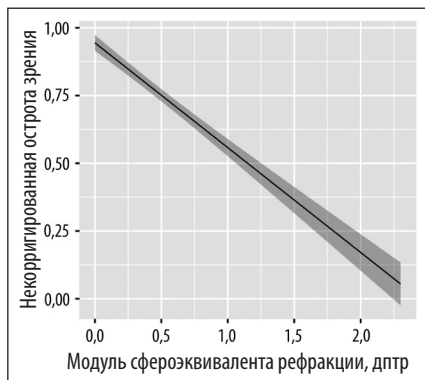


Рис. 1. Зависимость некорригированной остроты зрения от модуля сферозэквивалента рефракции для монофокальных ИОЛ. $R^2 = 0,780$, $p < 0,001$ (НКОЗ = $-0,39 \times$ |сферозэквивалент| + $0,94$)

Fig. 1. Dependence of non-corrected visual acuity from absolute refractive spherical equivalent for monofocal IOLs. $R^2 = 0.780$, $p < 0.001$ (NCVA = $-0.39 \times$ |spherical equivalent| + 0.94)

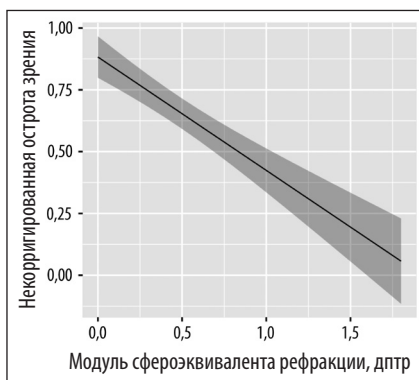


Рис. 2. Зависимость некорригированной остроты зрения от модуля сферозэквивалента рефракции для дифракционных ИОЛ. $R^2 = 0,610$, $p < 0,001$ (НКОЗ = $-0,46 \times$ |сферозэквивалент| + $0,88$)

Fig. 2. Dependence of non-corrected visual acuity from absolute refractive spherical equivalent for diffractive IOLs. $R^2 = 0.610$, $p < 0.001$ (NCVA = $-0.46 \times$ |spherical equivalent| + 0.88)

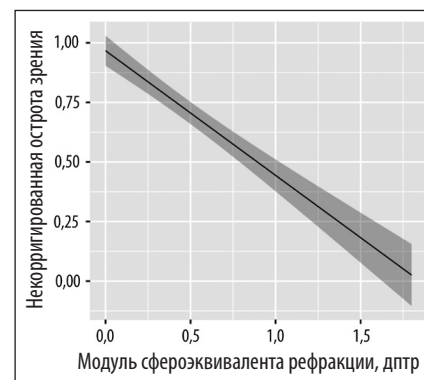


Рис. 3. Зависимость некорригированной остроты зрения от модуля сферозэквивалента рефракции для ИОЛ с формированием волнового фронта. $R^2 = 0,610$, $p < 0,001$ (НКОЗ = $-0,52 \times$ |сферозэквивалент| + $0,97$)

Fig. 3. Dependence of non-corrected visual acuity from absolute refractive spherical equivalent for wave front IOLs. $R^2 = 0.780$, $p < 0.001$ (NCVA = $-0.52 \times$ |spherical equivalent| + 0.97)

Исходя из эмпирического опыта, ликвидировать систематическую гиперметропическую ошибку возможно путем увеличения a -константы, заявленной производителем [22]. Приведение COP к нулю по методике K. Hoffer [9] позволило определить реальные a -константы использованных в исследовании моделей ИОЛ. Таким образом, для ИОЛ Clareon SY60WF a -константа составила 119,38, что практически совпадает с данными сайта по оптимизации расчета IOL Con (119,35 вместо заявленной 119,1) [23], 119,46 для Clareon Toric CNW0T2-9, 119,54 для Clareon PanOptix CNWTT0-T6 и 119,30 для Clareon Vivity CNWET0-T6.

ВЫВОДЫ

Для модельного ряда ИОЛ на платформе Clareon® с a -константой, заявленной производителем, выявлен

гиперметропический сдвиг рефракции, который в среднем составил 0,30 дптр для монофокальных Clareon SY60WF и Clareon Toric CNW0T2-9, 0,40 дптр для Clareon PanOptix CNWTT0-T6 и 0,10 дптр для Clareon Vivity CNWET0-T6. Приведение средней ошибки расчета ИОЛ к нулю позволило определить реальные значения a -констант для данных искусственных хрусталиков: 119,38 для Clareon SY60WF, 119,46 для Clareon Toric CNW0T2-9, 119,54 для Clareon PanOptix CNWTT0-T6 и 119,30 для Clareon Vivity CNWET0-T6.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Белов Д.Ф. — идея и концепция публикации, обзор литературы, написание текста, научное редактирование;
Куликаева Т.Ю. — написание текста, набор материала, научное редактирование, обзор литературы;
Николаенко В.П. — написание текста, техническое редактирование, оформление библиографии.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Белов ДФ, Николаенко ВП, Дмитриева ДЕ. Сравнение точности десяти различных формул расчета интраокулярных линз. Обзор литературы. Офтальмология. 2025;22(1):29–34.
Belov DF, Nikolaenko VP, Dmitrieva DE. Accuracy of 10 Intraocular Lens Power Calculation Formulas. Ophthalmology in Russia. 2025;22(1):29–34 (In Russ.). doi: 10.18008/1816-5095-2025-1-29-34.
- Melles RB, Kane JX, Olsen T, Chang WJ. Update on Intraocular Lens Calculation Formulas. Ophthalmology. 2019 Sep;126(9):1334–1335. doi: 10.1016/j.ophtha.2019.04.011.
- Rbcalculator.com. URL: <https://rbcalculator.com/online/index.html> (accessed: 20.11.2025).
- Iolformula.com. <https://www.iolformula.com/> (accessed: 20.11.2025).
- Evioicalculator.com. <https://www.evioicalculator.com/> (accessed: 20.11.2025).
- Or L, Jacques A, Barrett GD. Autorefractometry as an Objective Method to Evaluate Accuracy of Intraocular Lens Calculation Formulas. J Refract Surg. 2022 Sep;38(9):580–586. doi: 10.3928/1081597X-20220715-01.
- Белов ДФ, Николаенко ВП, Ковалева ВВ. Оценка и сравнение рефракционных результатов имплантации отечественной ИОЛ MIOLSOFT213 с зарубежными моделями. Офтальмология. 2024;21(2):289–295.
Belov DF, Nikolaenko VP, Kovaleva VV. Evaluation and Refractive Results Comparison of MIOLSOFT213 IOL Implantation with Foreign Models. Ophthalmology in Russia. 2024;21(2):289–295 (In Russ.). doi: 10.18008/181650952024289-295.
- Bellucci C, Mora P, Tedesco SA. Automated and subjective refraction with monofocal, multifocal, and EDOF intraocular lenses: review. J Cataract Refract Surg. 2023 Jun 1;49(6):642–648. doi: 10.1097/j.jcrs.0000000000001186.
- Hoffer KJ, Savini G. Update on Intraocular Lens Power Calculation Study Protocols: The Better Way to Design and Report Clinical Trials. Ophthalmology. 2021 Nov;128(11):e115–e120. doi: 10.1016/j.ophtha.2020.07.005.
- Abulafia A, Barrett GD, Koch DD. Protocols for Studies of Intraocular Lens Formula Accuracy. Am J Ophthalmol. 2016 Apr;164:149–50. doi: 10.1016/j.ajo.2016.01.010.
- Retzlaff JA, Sanders DR, Kraff MC. Development of the SRK/T intraocular lens implant power calculation formula. J Cataract Refract Surg. 1990 May;16(3):333–340. doi: 10.1016/s0886-3350(13)80705-5.
- Zhang C, Dai G, Pazo EE. Accuracy of intraocular lens calculation formulas in cataract patients with steep corneal curvature. PLoS One. 2020 Nov 20;15(11):e0241630. doi: 10.1371/journal.pone.0241630.
- Ning X, Yang Y, Yan H, Zhang J. Anterior chamber depth — a predictor of refractive outcomes after age-related cataract surgery. BMC Ophthalmol. 2019 Jun 25;19(1):134. doi: 10.1186/s12886-019-1144-8.
- Hoffer KJ, Savini G. IOL power calculation in short and long eyes. Asia Pac J Ophthalmol (Phila). Jul-Aug 2017;6(4):330–331. doi: 10.22608/APO.2017338.
- Meng J, Fang Y, Lian J. Visual and patient-reported outcomes of a diffractive trifocal intraocular lens in highly myopic eyes: a prospective multicenter study. Eye Vis (Lond). 2023 Apr 6;10(1):19. doi: 10.1186/s40662-023-00336-3.
- Shen J, Cai L, Zhuo B. Binocular Visual Outcomes Comparison of Two Trifocal Intraocular Lenses in High-Myopic Cataract Patients: A 1-Year Multicenter Study. Am J Ophthalmol. 2023 Oct;254:1–10. doi: 10.1016/j.ajo.2023.03.015.
- Белов ДФ, Николаенко ВП. Альтернативный способ расчета оптической силы интраокулярных линз при короткой переднезадней оси глаза. Вестник офтальмологии. 2022;138(3):24–28.

- Belov DF, Nikolaenko VP. Alternative method of intraocular lens power calculation in eyes with short axial length. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2022;138(3):24–28 (In Russ.). doi: 10.17116/oftalma202213803124.
18. Батъков ЕН., Паштаев НП., Михайлова ВИ. Расчет оптической силы интраокулярной линзы при рефракционной хирургии «экстремальной» гиперметропии. *Вестник офтальмологии*. 2019;135(1):21–27. Batkov EN, Pashtayev NP, Mikhaylova VI. Calculation of intraocular lens power in surgical treatment of extreme hyperopia. *The Russian Annals of Ophthalmology* 2019;135(1):21–27 (In Russ.). doi: 10.17116/oftalma201913501121.
19. Tuuminen R, Jeon S, Jung BJ, Moon K. Prognostic factors for dysphotopsia and spectacle-independent visual function after implantation of non-diffractive extending focus intraocular lenses. *Acta Ophthalmol*. 2025 Jul 15. doi: 10.1111/aos.17560.
20. Chaperon M, Chehab H, Levron A. Preliminary refractive results of the Clareon® Intraocular Lens (IOL): about 150 cases. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci*. 2019;60(9):3712.
21. Choi S, Choi YS, Nam DJ, Na S. One-year outcomes of a trifocal intraocular lens with glistening-free hydrophobic acrylic using the mix-and-match technique. *BMC Ophthalmol*. 2025 Jul 1;25(1):370. doi: 10.1186/s12886-025-04198-2.
22. Белов ДФ, Потемкин ВВ., Николаенко ВП. Оптимизация расчета интраокулярных линз при псевдоэкзофолиативном синдроме. *Вестник офтальмологии*. 2021;137(4):38–42. Belov DF, Potemkin VV, Nikolaenko VP. Optimization of intraocular lens power calculation in pseudoexfoliation syndrome. *The Russian Annals of Ophthalmology*. 2021;137(4):38–42 (In Russ.). doi: 10.17116/oftalma202113704138.
23. Iolcon.org. URL: <https://iolcon.org/lensesTable.php?manufacturer%5B%5D=Alcon&action=search> (accessed: 20.11.2025).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Белов Дмитрий Федорович
кандидат медицинских наук, заведующий отделением
микрохирургическим (глаза) № 1
<https://orcid.org/0000-0003-0776-4065>

Куликаева Татьяна Юрьевна
врач-офтальмолог отделения микрохирургического (глаза) № 1
<https://orcid.org/0009-0007-6931-4058>

Николаенко Вадим Петрович
доктор медицинских наук, профессор кафедры оториноларингологии
и офтальмологии, заместитель главного врача по офтальмологии
<https://orcid.org/0000-0002-6393-1289>

ABOUT THE AUTHORS

Belov Dmitrii F.
PhD, chief of Ophthalmological Department no. 1
<https://orcid.org/0000-0003-0776-4065>

Kulikaeva Tatiana Yu.
ophthalmologist of Ophthalmological Department no. 1
<https://orcid.org/0009-0007-6931-4058>

Nikolaenko Vadim P.
MD, professor the of Otolaryngology and Ophthalmology Department,
deputy chief physician of Ophthalmology
<https://orcid.org/0000-0002-6393-1289>

Врожденный блефароптоз: влияние коморбидной патологии на результаты хирургического лечения

С.П. Иванова¹Д.В. Давыдов²М.В. Сергеев³

¹ ГАУЗ «Нузбасская областная клиническая больница им. С.В. Беляева»
просп. Октябрьский, 22, Кемерово, 650066, Российская Федерация

² Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П.А. Герцена
2-й Боткинский проезд, 3, Москва, 125284, Российская Федерация

³ ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. Ворошилова, 22а, Кемерово, 650056, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2026;23(1):59-64

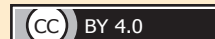
Врожденный блефароптоз представляет собой значимую окулопластическую патологию, существенно влияющую на качество жизни пациентов и их семей. Эпидемиологически блефароптоз часто сочетается с другими патологическими состояниями, преимущественно неврологического профиля. При этом наличие сопутствующей патологии может существенно влиять как на тактику хирургического лечения, так и на его результаты. **Цель исследования:** определить влияние соматической патологии на степень проявления врожденного блефароптоза в детском возрасте и результаты оперативного лечения. **Материалы и методы.** Ретроспективно проанализированы 113 историй болезни пациентов детского возраста, которым было проведено оперативное лечение по поводу врожденного блефароптоза различной степени тяжести. Пациенты были разделены на две группы исследования: соматически здоровые ($n = 90$) и с сопутствующей соматической патологией ($n = 23$) (врожденный порок развития сердечно-сосудистой системы, почек, центральной нервной системы). Для определения тактики хирургического лечения в предоперационный осмотр были включены следующие критерии: односторонний/двусторонний характер птоза, степень птоза, оценка функции мышцы, поднимающей верхнее веко (МПВВ), marginal-reflex-distance (MRD 1), ширина глазной щели по проекции центра зрачка, по проекции латерального и медиального лимба, наличие лагофтальма, наличие и высота пальпебральной складки, участие вспомогательных мышц (определение подвижности брови). Методами оперативного лечения были выбраны: резекция МПВВ и резекция верхней тарзальной мышцы (ВТМ). Наблюдение пациентов в послеоперационном периоде осуществлялось в условиях стационара на 1, 3, 7-е сутки, консультативной поликлиники — через 1, 3, 6, 12 месяцев. **Результаты.** В I группе соматически здоровых пациентов преобладал односторонний характер блефароптоза, в то время как во II группе — двустороннее поражение. Статистический анализ выявил значимую корреляцию между двусторонним блефароптозом и наличием соматической патологии ($p = 0,025$). Анализ степени выраженности птоза продемонстрировал существенные различия между группами: во II группе наблюдали 3-ю степень в 51,43 %, в I группе — лишь в 28,07 % случаев. Сопутствующая офтальмологическая патология, наблюдаемая в группах, распределялась следующим образом: амблиопия (28,89 % в I группе и 39,13 % — во II), астигматизм (34,44 и 47,83 % соответственно) и эзо- или экзотропия (20,00 и 17,39 %). Показатель длительности хирургического вмешательства продемонстрировал увеличение во II группе: средняя продолжительность резекции МПВВ составила 53,7 против 36,2 минут в I группе, а длительность пребывания в палате интенсивной терапии — 23,6 против 16,2 минут. Неудовлетворительные результаты с необходимостью повторного вмешательства отмечены у 23,33 % пациентов I группы и у 30,43 % пациентов II группы, при этом стойкий лагофтальм не зарегистрирован ни в одном случае. **Заключение.** Наличие сопутствующей соматической патологии у пациентов детского возраста с врожденным блефароптозом при планировании хирургического лечения требует более тщательного предоперационного обследования в условиях многопрофильного стационара с высоким уровнем оказания анестезиологической помощи.

Ключевые слова: врожденный блефароптоз, окулопластическая хирургия, врожденные пороки развития

Для цитирования: Иванова С.П., Давыдов Д.В., Сергеев М.В. Врожденный блефароптоз: влияние коморбидной патологии на результаты хирургического лечения. *Офтальмология*. 2026;23(1):59-64. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-59-64>

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

Конфликт интересов отсутствует.



Congenital Blepharoptosis: The Influence of Comorbid Pathology on the Results of Surgical Treatment

S.P. Ivanova¹, D.D. Davydov², M.V. Sergeev³

¹ Kuzbass Regional Clinical Hospital named after S.V. Belyaev
Oktyab'nsky ave., 22, Kemerovo, 650066, Russian Federation

² P. Hertsen Moscow Oncology Research Institute
2nd Botkinsky proezd, 3, Moscow, 125284, Russian Federation

³ Kemerovo State Medical University
Voroshilova str., 22, Kemerovo, 650056, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2026;23(1):59–64

Introduction. Congenital blepharoptosis represents a significant ophthalmoplastic pathology that substantially impacts the quality of life for patients and their families. Epidemiologically, blepharoptosis frequently coexists with other pathological conditions, predominantly of neurological origin. The presence of concomitant pathologies may considerably influence both surgical strategy and postoperative results. **Objective.** To evaluate the impact of somatic pathology on the severity of congenital blepharoptosis in pediatric patients and on surgical outcomes. **Materials and Methods.** A retrospective analysis was conducted on 113 pediatric patient records who underwent surgical correction of congenital blepharoptosis of varying severity. Patients were divided into two groups: somatically healthy ($n = 90$) and with concomitant somatic pathology ($n = 23$), including congenital cardiovascular, renal, or central nervous system anomalies. Criteria for preoperative surgical planning included: unilateral or bilateral ptosis, degree of ptosis, levator muscle function (LMF), margin-reflex distance 1 (MRD1), palpebral fissure width at the pupillary center, lateral and medial limbus, presence of lagophthalmos, height and presence of eyelid crease, and involvement of accessory muscles (e.g., brow mobility). Surgical interventions comprised levator resection and superior tarsal muscle resection. Postoperative follow-up was performed inpatient on days 1, 3, and 7, and outpatient at 1, 3, 6, and 12 months. **Results.** In the somatically healthy group, unilateral blepharoptosis predominated, whereas bilateral involvement was more common in the group with somatic pathologies. Statistical analysis revealed a significant correlation between bilateral blepharoptosis and the presence of somatic comorbidities ($p = 0.025$). Analysis of ptosis severity noted significant differences: grade 3 ptosis was observed in 51.43 % of the second group compared to 28.07 % in the first. Concomitant ophthalmic conditions were distributed as follows: amblyopia (28.89 % in group I and 39.13 % in group II), astigmatism (34.44 % and 47.83 %, respectively), and strabismus (eso- or exotropia) in 20.00 % and 17.39 %. The operative time was notably longer in group II: average levator resection duration was 53.7 minutes versus 36.2 minutes in group I, with ICU stay averaging 23.6 minutes versus 16.2 minutes. Unsatisfactory outcomes necessitating reoperation were recorded in 23.33% of group I and 30.43% of group II, with no cases of persistent lagophthalmos. **Conclusion.** The presence of concomitant somatic pathology in pediatric patients with congenital blepharoptosis necessitates meticulous preoperative evaluation in a multidisciplinary hospital setting, with a high level of anesthetic support to optimize surgical planning and outcomes.

Keywords: congenital blepharoptosis, oculoplastic surgery, congenital malformations

For citation: Ivanova S.P., Davydov D.D., Sergeev M.V. Congenital Blepharoptosis: The Influence of Comorbid Pathology on the Results of Surgical Treatment. *Ophthalmology in Russia*. 2026;23(1):59–64. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-59-64>

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

There is no conflict of interests.

ВВЕДЕНИЕ

В детской окулопластической хирургии наиболее распространенной патологией является врожденный блефароптоз [1]. Следующие многообразные этиологические факторы влияют на опущение верхнего века: миогенный, нейрогенный, синдром Маркуса — Гунна, синдром Горнера, а также генетически-ассоциированная патология (гены PTOS1, PTOS2) [2, 3]. Данная аномалия положения верхнего века в виде его опущения встречается изолированно, в симптомокомплексе с блефарофимозом, пальпебральным синдромом, а также как клиническое проявление врожденных наследственных (синдром Нунан, Леопарда, Вильямса и др.) и не наследственных заболеваний [4].

Отсутствие своевременного лечения блефароптоза влияет на нормальное функциональное развитие органа зрения в детском возрасте [5–7].

Единственным эффективным способом лечения врожденного блефароптоза является хирургический. Для получения стойкого запланированного функционального и эстетического результата следует учитывать анатомические и физиологические особенности пациентов детского возраста. В связи с этим перед оперативным вмешательством проводят тщательный предоперационный осмотр, который включает более 10 диагностических критериев, определяющих status localis [8].

Значение влияния сопутствующей соматической патологии (кроме генетических заболеваний) на степень

врожденного блефароптоза и его особенности хирургического лечения освещены недостаточно [9].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Ретроспективно были проанализированы 113 историй болезни пациентов с диагнозом «врожденный блефароптоз» различной степени тяжести, которые получили хирургическое лечение на базе ГАУЗ «Кузбасская областная клиническая больница им. С.В. Беляева» с 2019 по 2024 г.

До плановой госпитализации в детское хирургическое отделение пациенты были осмотрены в консультативном отделении данного лечебного учреждения, где был установлен предварительный диагноз и выдано направление на госпитализацию. В поликлиническом звене по месту прикрепления пациентов для подготовки к хирургическому лечению была проведена лабораторная диагностика, а также получены консультации узких специалистов: невролога, кардиолога, эндокринолога, оториноларинголога, стоматолога.

При поступлении в профильное отделение диагноз устанавливали на основании данных анамнеза и проведенного офтальмологического осмотра, включавшего визометрию, биомикроскопию, рефрактометрию, офтальмоскопию, офтальмометрию.

Сопутствующая офтальмологическая патология, выявленная при проведении осмотра, такая как экзо- или эзотропия, гиперметропия, миопия, астигматизм, амблиопия, также была учтена в диагнозе.

Из общей сопутствующей патологии пациентов детского возраста были выделены врожденные пороки развития сердечно-сосудистой системы (ВПС ССС), почек, центральной нервной системы (ЦНС).

Критериями включения в исследование были пациенты с врожденным опущением верхнего века. Критериями невключения являлись блефароптоз посттравматического и механического характера, анофтальмический синдром, микрофтальм. При наличии системной сопутствующей патологии критериями невключения являлись стигмы дисэмбриогенеза, влияющие на асимметрию костей лицевого черепа, установленные генетические заболевания, синдром внутрочерепной гипертензии.

Пациенты были разделены на две клинические группы: I группа — соматически здоровые, без сопутствующей системной патологии ($n = 90$ человек, 114 век), II группа — с сопутствующей соматической патологией ($n = 23$ человека, 35 век).

В предоперационном осмотре для определения тактики хирургического лечения учитывали следующее: наличие одностороннего/двустороннего характера птоза, степень птоза, функции мышцы, поднимающей верхнее веко (МПВВ), marginal-reflex-distance (MRD 1), ширину глазной щели по проекции центра зрачка, по проекции латерального и медиального лимба, наличие лагофтальма, наличие и высоту пальпебральной складки, участие вспомогательных мышц (определение подвижности брови) [10].

Методами первичного оперативного лечения были выбраны следующие: резекция мышцы, поднимающей верхнее веко (МПВВ), и резекция верхней тарзальной мышцы (ВТМ).

Резекцию МПВВ осуществляли транскутанным способом без иссечения кожного лоскута. Пересечения боковых рогов апоневроза леватора не проводили ни в одном случае [11, 12].

Резекцию ВТМ выполняли трансконъюнктивальным способом без резекции тарзальной пластинки и с использованием рассасывающегося шовного материала [13].

Анестезиологическое пособие всем пациентам проводили севофлураном. В послеоперационном периоде у пациентов с соматической патологией гемодинамических, уродинамических и неврологических нарушений зафиксировано не было.

Послеоперационное наблюдение проводили в условиях стационара на 1, 3, 7-е сутки, в условиях консультативной поликлиники — через 1, 3, 6, 12 месяцев.

Удовлетворительным результатом хирургического лечения отвечали следующие критерии: равномерность контура верхнего века и симметричность относительно парного века, удовлетворительная и хорошая функция леватора, MRD-1+1 и выше, отсутствие лагофтальма.

Неудовлетворительным результатом оперативного вмешательства считали совокупность следующих признаков: асимметрия контура века, слабая и очень слабая функция леватора, MRD-1-0 и ниже, наличие стойкого ночного лагофтальма средней и тяжелой степени [14, 15].

При получении неудовлетворительного результата проводили обсуждение необходимости в повторном оперативном вмешательстве.

Для выполнения статистической обработки данных использовали приложения Microsoft Excel 2010 и статистическую программу IBM SPSS Statistics 23 (IBM Corporation). При описании количественных переменных указывали следующие показатели: среднее значение (M); минимальные и максимальные значения (min, max). Статистическую значимость различий между группами по частоте встречаемости оценивали при помощи критерия Фишера, при значении $p < 0,05$ различия считали статистически значимыми.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В проведенном исследовании средний возраст пациентов двух групп составил 9,7 года (min = 1 год, max = 17 лет). Пациенты мужского пола ($n = 69$) преобладали над женским ($n = 44$) — 61,06 и 38,94 % соответственно.

В I группе односторонний птоз отмечали у 66 пациентов (73,33 %), двустороннее опущение век было выявлено у 24 пациентов (26,67 %), во II группе — у 11 (47,83 %) и 12 (52,17 %) соответственно. Данные корреляции двустороннего блефароптоза при наличии сопутствующей соматической патологии выявлены статистически значимыми: $p = 0,025$ ($p < 0,05$).

По степени блефароптоза встречались: 1-я степень — на 24 веках (21,05 %) в I группе, на 1 (2,86 %) веке во II группе, 2-я степень — на 58 (50,88 %) и 16 (45,71 %) соответственно, 3-я степень — на 32 (28,07 %) и 18 (51,43 %) соответственно. При статистической обработке данных исследования выявили достоверную связь с меньшей частотой наличия у пациентов блефароптоза 1-й степени, $p = 0,009$ ($p < 0,05$), и наибольшую частоту блефароптоза 3-й степени, $p = 0,014$ ($p < 0,05$), во II группе пациентов с общей соматической патологией.

Сопутствующая офтальмологическая патология была выявлена в обеих клинических группах. Обскурационная амблиопия, как значимо влияющая на функциональное развитие органа зрения, была диагностирована у 26 пациентов (28,89 %) в I группе, и у 9 (39,13 %) — во II. Астигматизм выявили у 31 пациента (34,44 %) в I группе и у 11 (47,83 %) — во II. Тропию наблюдали у 18 (20 %) пациентов в I группе и у 4 (17,39 %) — во II.

Во второй клинической группе ($n = 23$) соматическая патология ЦНС была выявлена у 17 пациентов (детский церебральный паралич атонически-астатической и спастической формы, легкой, средней и тяжелой степени), дефект межпредсердной перегородки — у 2, врожденный порок развития почек — у 3 (агенезия у 2 пациентов, подковообразная почка — у 1). Сочетанную патологию сердечно-сосудистой системы и почек наблюдали у 1 пациента (дефект межпредсердной перегородки после оперативного вмешательства, хроническая сердечная недостаточность, подковообразная почка).

ДЦП наблюдали преимущественно атонически-астатической формы (13 пациентов), спастическая форма была у 4 пациентов.

Пациенты второй клинической группы ($n = 23$) при поступлении в стационар были дополнительно осмотрены профильными узкими специалистами (детским неврологом, кардиологом, нефрологом) для решения вопроса о наличии противопоказаний к проведению анестезиологического пособия. Дополнительные методы лабораторной диагностики не потребовались ни в одном случае.

Среднее время оперативного вмешательства резекции МПВВ в I группе составило $M = 36,2$ мин., во II $M = 53,7$ мин., резекция ВТМ $M = 9,4$ мин. и $M = 15,1$ мин. соответственно.

Длительность наблюдения в палате интенсивной терапии после проведения хирургического лечения в I группе составила $M = 16,2$ мин., во II — $M = 23,6$ мин.

Метод резекции МПВВ выполнили 55 пациентам (61,11 %) в I группе и 20 пациентам (86,96 %) во II группе, резекцию ВТМ провели 35 пациентам (38,89 %) в I группе и 3 пациентам (13,04 %) во II группе.

Неудовлетворительный результат в виде гипоэффекта и необходимость повторного хирургического лечения наблюдали у 21 (23,33 %) пациента в I группе и у 7 (43 %) пациентов во II группе. Стойкого лагофталма второй и третьей степени тяжести не было зафиксировано ни в одном случае.

ОБСУЖДЕНИЕ

Вопрос эффективности хирургической коррекции врожденного блефароптоза в детском возрасте является важным аспектом для нормального развития зрительных функций (острота и поле зрения). Своевременное оперативное лечение с использованием диагностических критериев предоперационного планирования, учитывая сопутствующую патологию (при наличии), позволяет получить стойкие функциональные результаты.

При обсуждении полученных результатов об одностороннем или двустороннем характере опущения век в исследуемых группах выявили различную тенденцию: в I группе преобладал односторонний птоз (73,33 %), тогда как во II группе доминировал двусторонний процесс (52,17 %). Статистически значимая корреляция ($p = 0,025$) между двусторонним блефароптозом и наличием соматической патологии подтверждает мультифакториальную природу заболевания. Ранее в отечественной и зарубежной литературе были описаны лишь системные генетические заболевания, привычно ассоциируемые с блефароптозом [16, 17]. Полученные данные проведенного исследования свидетельствуют о взаимосвязи общей соматической патологии с двусторонним врожденным блефароптозом.

Степень выраженности птоза существенно различалась между группами. Во II группе отмечалась более тяжелая форма заболевания с преобладанием 3-й степени (51,43 %), что подтвердили статистической достоверностью корреляции ($p = 0,014$). В I группе чаще встречались более легкие формы: 1-я степень (21,05 %) и 2-я степень (50,88 %). Демонстрируемые различия, как предполагается, являются следствием влияния на анатомические и физиологические структуры общего соматического заболевания.

Сопутствующая патология оказалась более выраженной во II группе. Особенно значимой представляется более высокая частота обскурационной амблиопии (39,13 % против 28,89 %) и астигматизма (47,83 % против 34,44 %), что требует комплексного подхода к тактике ведения и лечения пациентов детского возраста, создания индивидуального плана реабилитации.

Структура соматических заболеваний во II группе демонстрирует превалирование патологии ЦНС (73,91 %) в виде ДЦП. Значительно реже встречались врожденные пороки развития сердечно-сосудистой системы (8,70 %) и почек (13,04 %), что подчеркивает ведущую роль неврологической патологии в формировании блефароптоза.

Согласно патогенетическому механизму атонически-астатической формы ДЦП проявление блефароптоза связано с несколькими аспектами: нейромышечной дисфункцией (нарушение иннервации леватора) и церебральным механизмом (поражение структур мозжечка или нарушение регуляции мышечного тонуса) [18–20].

Предполагается, что врожденный порок в виде дефекта межпредсердной перегородки и наличие блефароптоза проявляются из-за нарушения соединительнотканых

структур на эмбриональном этапе (4–6 неделя беременности), аналогично с врожденным пороком почек.

Длительность проведения оперативного вмешательства существенно различалась в исследуемых группах. Увеличение длительности во II группе связано с такими макроскопическими изменениями анатомических структур, как более тонкая МПВВ, укороченная и утонченная тарзальная пластинка, особенность прикрепления ВТМ, фиброзные изменения, состояние и эластичность тканей. Выявленные интраоперационные изменения структур верхнего века повлияли на ход оперативного вмешательства в виде более длительной дифференцировки тканей и выделения фиброзно измененных структур. Полученные данные важно учитывать при планировании хирургического лечения пациентов с соматической патологией, так как доступные визуализирующие методы исследований в предоперационной подготовке не позволяют оценить степень изменения структуры тканей верхнего века.

Результаты лечения продемонстрировали несопоставимую эффективность в группах (неудовлетворительные результаты: 23,33 % в I группе и 30,43 % — во II). В I группе неудовлетворительный эффект в послеоперационном периоде чаще был связан с асимметрией положения век (разница по сравнению с веком без птоза $M = 1,7$ мм) и влиял на эстетический результат, в то время как во II группе низкая результативность связана

с гипоефектом и влияла на функциональные последствия развития органа зрения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно проведенному исследованию наличие сочетанной соматической патологии у ребенка с врожденным блефароптозом требует более тщательного предоперационного обследования, при этом особое внимание следует уделять не только сопутствующей офтальмологической патологии, включая состояние парного глаза, но и наличию различных осложняющих общих состояний и заболеваний.

Частота встречаемости блефароптоза легкой степени в группе наблюдения снижалась при более сложных соматических состояниях, при этом выявленное опущение верхнего века носило билатеральный характер.

При наличии сочетанной соматической патологии у пациентов детского возраста при планировании хирургического лечения важным аспектом является уровень оказания анестезиологической помощи, наличие палаты интенсивной терапии при многопрофильном стационаре.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Иванова С.П. — курация и хирургическое лечение пациентов, обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, написание текста и редактирование статьи;
Давыдов Д.В. — обзор литературы, анализ литературных источников, написание текста и редактирование статьи;
Сергеев М.В. — обзор литературы, статистическая обработка данных, написание текста.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Дунаева ВФ. Офтальмология: учебное пособие. 2-е изд., стер. Минск: РИПО; 2021:81. Dunaeva VF. Ophthalmology: textbook. 2nd ed., erased. Minsk: RIPO; 2021:81 (In Russ.).
2. Alnosair G, Alhashim H, Alhamoud M, Alturki H. Congenital ptosis associated with adduction as a dysinnervation disorder: a report of a rare case. *Cureus*. 2023;15(6):e40422. doi: 10.7759/cureus.40422.
3. Senthilkumar VA, Tripathy K. Marcus Gunn Jaw-Winking Syndrome. 2023 Aug 25. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025.
4. Chen M, Huang R, Zhang Y, Zhu DJ, Shu Q, Xun P, Zhang J, Gu P, Li L. Phenotype, genotype, and management of congenital fibrosis of extraocular muscles type 1 in 16 Chinese families. *Graefes' Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*. 2023;261(3):879–889. doi: 10.1007/s00417-022-05830-3.
5. Stein A, Kelly JP, Weiss AH. Congenital eyelid ptosis: onset and prevalence of amblyopia, associations with systemic disorders, and treatment outcomes. *The Journal of Pediatrics*. 2014;165(4):820–824.e2. doi: 10.1016/j.jpeds.2014.06.053.
6. Ефимова ЕЛ. Нарушение зрительных функций у детей с врожденным птозом верхнего века. Современные технологии в офтальмологии. 2020;35(4):209–210. Efimova EL. Visual impairment in children with congenital blepharoptosis. *Modern technologies in ophthalmology*. 2020;35(4):209–210 (In Russ.). doi: 10.25276/2312-4911-2020-4-209-210.
7. Афанасьева ПС. Частота встречаемости аметропий, нарушения подвижности глазного яблока и амблиопии у детей с врожденным птозом. *Forcipe*. 2020;3(S1):630. Afanasyeva PS. Frequency of ametropia, ocular motility disorders, and amblyopia in children with congenital ptosis. *Forcipe*. 2020;3(S1):630 (In Russ.).
8. Bacharach J, Lee WW, Harrison AR, Freddo TF. A review of acquired blepharoptosis: prevalence, diagnosis, and current treatment options. *Eye (Lond)*. 2021;35(9):2468–2481. doi: 10.1038/s41433-021-01547-5.
9. Pavone P, Cho SY, Praticò AD, Falsaperla R, Ruggieri M, Jin DK. Ptosis in childhood: A clinical sign of several disorders: Case series reports and literature review. *Medicine (Baltimore)*. 2018;97(36):e12124. doi: 10.1097/MD.00000000000012124.
10. Потемкин ВВ, Гольцман ЕВ. Алгоритм объективного осмотра пациента с блефароптозом. Офтальмологические ведомости. 2019;12(1):45–51. Potemkin VV, Goltzman EV. Algorithm of objective examination of a patient with blepharoptosis. *Ophthalmology Journal*. 2019;12(1):45–51 (In Russ.). doi: 10.17816/OV2019145-51.
11. Гущина МБ, Егорова ЭВ. Резекция леватора при лечении птоза верхнего века различной этиологии. Материалы VII Евро-Азиатской конференции по офтальмохирургии. Екатеринбург; 2015:111–113. Gushchina MB, Egorova EV. Levator resection in the treatment of upper eyelid ptosis of various etiologies. *Proceedings of the VII Euro-Asian Conference on Ophthalmic Surgery*. Ekaterinburg; 2015:111–113 (In Russ.).
12. Kotb AN, Salamah MA, Khalil AS, Dessouky RAK. Outcomes of a novel algorithm for levator muscle plication surgery in congenital blepharoptosis. *BMC Ophthalmology*. 2024;24(1):22. doi: 10.1186/s12886-024-03287-y.
13. Иванова СП, Янченко ТВ, Давыдов ДВ, Громакина ЕВ. Патент RU 2840208, 19.05.2025. Способ хирургического лечения врожденного и приобретенного птоза верхнего века трансконъюнктивальным доступом. Ivanova SP, Ianchenko TV, Davydov DV, Gromakina EV. Patent RU 2840208, 19.05.2025. Method of surgical treatment of congenital and acquired ptosis of the upper eyelid with a transconjunctival approach. (In Russ.).
14. Pereira MV, Glória AL. Lagophthalmos. *Semin Ophthalmol*. 2010;25(3):72–78. doi: 10.3109/08820538.2010.488578.
15. Rakha TM, El Saadani AEK, Awara AM, Mandour SS. Evaluation of intraoperative lagophthalmos formula for levator resection in congenital ptosis in Egyptian patients. *European Journal of Ophthalmology*. 2021;31(5):2755–2758. doi: 10.1177/1120672120951760.
16. Wu P, Ma J, Zhang T, Ma D. Advances in the genetics of congenital ptosis. *Ophthalmic research*. 2022;65(2):131–139. doi: 10.1159/000521575.
17. Deng H, Zhang Q, Yi J, Yuan L. Unraveling ptosis: A comprehensive review of clinical manifestations, genetics, and treatment. *Progress in Retinal and Eye Research*. 2025;105:101327. doi: 10.1016/j.preteyeres.2024.101327.
18. Маджидова ЕН, Абдукадырова ИК. Зрительные нарушения у детей с детским церебральным параличом. Вестник Казахского национального медицинского университета. 2016;2:294–297. Madjidova YN, Abdukadirova IK. Visual disorders in children with cerebral palsy. *Vestnik Kazahskogo nacional'nogo medicinskogo universiteta*. 2016;2:294–297 (In Russ.).
19. Венегас КФ, Талабаев МВ, Збанок ИЮ, Заброец ГВ, Соловьева АЮ. Вторичные нарушения опорно-двигательного аппарата при спастических формах ДЦП: обзор литературы. Неврология и нейрохирургия. Восточная Европа. 2023;13(1):101–107. Venegas KF, Talabaev MV, Zbanok IY, Zabrodets GV, Salauyeva HY. Secondary musculoskeletal disorders in spastic forms of cerebral palsy: a literature review. *Neurology and neurosurgery. Eastern Europe*. 2023;13(1):101–107 (In Russ.). doi: 10.34883/PI.2023.13.1.038.
20. Rosenbaum P, Paneth N, Leviton A, Goldstein M, Bax M, Damiano D, Dan B, Jacobsson B. A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 2007;109:8–14. doi: 10.1111/j.1469-8749.2007.tb12610.x.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Иванова Софья Павловна
врач-офтальмолог детского хирургического отделения
<https://orcid.org/0000-0002-4131-6349>

Давыдов Дмитрий Викторович
доктор медицинских наук, профессор
<https://orcid.org/0000-0001-5506-6021>

Сергеев Михаил Викторович
ординатор кафедры
<https://orcid.org/0009-0008-8566-6069>

ABOUT THE AUTHORS

Ivanova Sofia P.
ophthalmologist of the Pediatric Surgical Department
<https://orcid.org/0000-0002-4131-6349>

Davydov Dmitry D.
MD, Professor
<https://orcid.org/0000-0001-5506-6021>

Sergeev Michail V.
resident
<https://orcid.org/0009-0008-8566-6069>

Инструментальная оценка эмульгирования силиконового масла и его топографического распределения у пациентов с длительной тампонадой витреальной полости и силикон-индуцированной глаукомой

Т.Н. Юрьева^{1,2,3}Ю.М. Коняева⁴
Т.Н. Евдокевич⁴И.М. Михалевич²

¹ Иркутский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. Лермонтова, 337, Иркутск, 664043, Российская Федерация

² Филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
м-н Юбилейный, 100, Иркутск, 664049, Российская Федерация

³ ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. Красного Восстания, 1, Иркутск, 664003, Российская Федерация

⁴ АО «Екатеринбургский центр МНТК «Микрохирургия глаза»»
ул. Академика Бардина, 4а, Екатеринбург, 620146, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2026;23(1):65–73

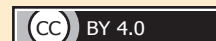
Актуальность. Вторичная силикон-индуцированная глаукома (СИГ) является одним из осложнений длительной тампонады витреальной полости силиконовым маслом. Своевременное выявление ранних признаков эмульгирования силикона является важным диагностическим инструментом офтальмолога. **Методы.** В этой статье представлены сравнение инструментальных способов обследования пациента для выявления признаков эмульгирования, сильные и слабые стороны различных методов, сформулированы и проиллюстрированы признаки, свидетельствующие об активном процессе эмульгирования в глазу, а также проанализирована возможная связь инструментальных находок с клиническими данными. **Результаты.** Наиболее информативными признаками, указывающими на высокий риск СИГ, являются гиперэхогенность структур цилиарного аппарата (плоской части и его отростков) и угла передней камеры (трабекулярный аппарат, шлеммов канал), а также «призрачные изображения». Гиперолеон является чувствительным, но, вероятно, поздним признаком эмульгирования. При проведении исследований следует учитывать естественную гиперэхогенность пигментного листа радужки. Гиперэхогенные включения в передней камере глаза не имеют прямой связи с риском возникновения СИГ, однако говорят о наличии процесса эмульгирования в целом. Среди инструментальных методов обследования наиболее универсальным стала ультразвуковая биомикроскопия. Диагностические возможности оптической когерентной томографии в контексте обнаружения эмульсии силиконового масла ограничены, применимы только к заднему отрезку глаза при сохранности прозрачных оптических сред. **Заключение.** Дальнейшее изучение способов раннего выявления эмульгирования силикона позволит оптимизировать ведение пациентов, снизить частоту развития вторичной глаукомы.

Ключевые слова: силиконовая тампонада, силикон-индуцированная глаукома, ультразвуковая биомикроскопия, оптическая когерентная томография, эмульгирование

Для цитирования: Юрьева Т.Н., Коняева Ю.М., Михалевич И.М., Евдокевич Т.Н. Инструментальная оценка эмульгирования силиконового масла и его топографического распределения у пациентов с длительной тампонадой витреальной полости и силикон-индуцированной глаукомой. *Офтальмология*. 2026;23(1):65–73. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-65-73>

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

Конфликт интересов отсутствует.



Instrumental Assessment of Silicone Oil Emulsification and its Topographic Distribution in Patients with Prolonged Tamponade of the Vitreous Cavity and Silicone-induced glaucoma

T.N. Yurieva^{1,2,3}, I.M. Honiaeva⁴, I.M. Mihalevich², T.N. Evdokevich⁴

¹ Irkutsk Branch of S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Lermontov str., 337, Irkutsk, 664033, Russian Federation

² Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education —
Branch of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education
Yubileyny dstr., 100, Irkutsk, 664049, Russian Federation

³ Irkutsk State Medical University
Krasnogo Vosstaniya str., 1, Irkutsk, 664003, Russian Federation

⁴ Eye Microsurgery Ekaterinburg Center
Academician Bardin str., 4a, Ekaterinburg, 620149, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2026;23(1):65–73

Relevance. Secondary silicone-induced glaucoma (SIG) is one of the complications of prolonged tamponade of the vitreous cavity with silicone oil. Timely detection of early signs of silicone oil emulsification is a significant diagnostic tool for an ophthalmologist. **Methods.** This article represents a comparison of instrumental methods of patient's examination aimed to identify signs of emulsification, reveals the strengths and weaknesses of various methods, formulates and illustrates signs indicating an active emulsification process in the eye, and analyzes the possible relationship between instrumental findings and clinical data. **Results.** Ultrasound biomicroscopy has become the most universal among instrumental examination methods. Diagnostic capabilities of optical coherence tomography in the context of detecting a silicone oil emulsion are limited, applicable only to the posterior segment of the eye and only possible in conditions of transparent optical media. The most informative signs indicating a high risk of SIG are hyperechoicity of the structures of the ciliary apparatus (the flat part and its processes) and the angle of the anterior chamber (trabecular apparatus, Schlemm canal), as well as "ghost images". Hyperoleon is sensitive, but probably a late sign of emulsification. When conducting research, the natural hyperechogenicity of the pigment leaf of the iris should be taken into account. Hyperechoic inclusions in the anterior chamber of the eye are not directly related to the risk of SIG, however, they indicate the emulsification process in general. **Conclusion.** Further investigation of methods for early detection of silicone oil emulsification will optimize patient management and reduce the incidence of secondary glaucoma.

Keywords: silicone tamponade, silicone-induced glaucoma, ultrasound biomicroscopy, optical coherence tomography, emulsification

For citation: Yurieva T.N., Honiaeva I.M., Mihalevich I.M., Evdokevich T.N. Instrumental Assessment of Silicone Oil Emulsification and its Topographic Distribution in Patients with Prolonged Tamponade of the Vitreous Cavity and Silicone-induced glaucoma. *Ophthalmology in Russia*. 2026;23(1):65–73. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-65-73>

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

There is no conflict of interests.

Выполнение трехпортовой витрэктомии с дальнейшей тампонадой силиконовым маслом (СМ) на сегодняшний день является золотым стандартом лечения сложной патологии заднего отрезка глаза. Несмотря на известные преимущества данной операции, существует и ряд недостатков, обусловленных возможностью возникновения осложнений. Одним из них является подъем внутриглазного давления (с вероятностью возникновения у 2,2–56 % пациентов по данным литературы [1, 2]), включая наиболее грозный его вариант в виде развития силикон-индуцированной глаукомы (СИГ).

Встречается большое количество работ, посвященных выявлению возможных причин развития СИГ, формированию потенциальных групп риска среди пациентов, которым предстоит витрэктомия с введением силиконо-

го масла. Так, например, часто встречаются упоминания о таких предикторах развития СИГ, как миопическая рефракция, увеличение переднезадней оси глаза [1, 3], мужской пол и молодой возраст, афакия и артификация [4, 5]. Ведутся дискуссии о роли соматических заболеваний (главным образом сахарного диабета [6, 7]), а также сопутствующих глазных заболеваний [8] и хирургических вмешательств в анамнезе. Наиболее же часто упоминаемым фактором риска на сегодняшний день является длительность силиконовой тампонады [9, 10]. Безусловно, последняя определяется хирургом исходя из патологии, послужившей причиной для витрэктомии. Пролиферативные изменения при диабете требуют большего срока нахождения масла, чем неосложненная отслойка сетчатки (ОС). Длительность силиконовой тампонады (СТ)

варьирует в зависимости от давности и распространенности патологического процесса. Так, субтотальная и секторальная ОС требуют разного срока тампонады, могут учитываться возраст пациентов, острота зрения парного глаза и так далее.

И если такие факторы риска, как пол, возраст, соматический статус, состояние хрусталика и т. д., можно отнести к немодифицируемым или слабо контролируемым, то решение о сроках тампонады может не только планироваться индивидуально до операции, но и меняться в процессе послеоперационного наблюдения за пациентом как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения длительности нахождения СМ в глазу. Известно, что развитие любой формы глаукомы обуславливает возможность постепенной потери зрительных функций пациентом вследствие развития глаукомной оптической нейропатии. В соответствии с этим хирургу требуется дополнительный инструмент для оценки степени эмульгирования СМ и прогнозирования развития глаукомы.

Считается, что диспергирование, а затем и эмульгирование СМ начинаются в первые 1–3 месяца после операции [11], средние сроки нахождения масла в глазу, обуславливающие развитие СИГ, составляют 5 месяцев [7, 12, 13]. И этот параметр очень важен, когда мы говорим о длительной тампонаде.

Безусловно, существуют такие признаки эмульгирования, которые можно оценить в процессе проведения биомикроскопии, как гиперолеон (визуально видимый уровень эмульгированного СМ в передней камере глаза), пузырьки силикона на структурах угла передней камеры — например, на трабекулярной сети или шлеммовом канале, выявляемые при проведении гониоскопии, миграция пузырьков СМ под конъюнктиву или появление характерных участков скопления СМ на сетчатке. Однако, как правило, выявление указанных выше проявлений говорит не только о том, что процесс эмульгирования у пациента уже запущен, но и о том, что степень его выраженности достаточно значима. Размер капельки эмульгированного СМ крайне мал — менее 1 микрона — и неуловим невооруженным человеческим глазом. Очевидно, что все, что доктор видит при биомикроскопии, есть результат слияния большого количества таких частиц. С одной стороны, возможно автоматически отнести пациента в группу риска по СИГ (если вторичная глаукома у него еще не развилась), с другой — не требуется проведение дополнительных методов диагностики.

Более сложная ситуация возникает, когда речь идет о попытке обнаружить признаки эмульгирования у пациента без явных участков скопления измененного СМ. В этом случае требуется проведение дополнительных методов диагностики, к которым предъявляются стандартные требования современной медицины: минимальная инвазивность, безопасность, воспроизводимость, экономическая целесообразность, комфорт для пациента. На наш взгляд, этим требованиям отвечают оптиче-

ская когерентная томография переднего отрезка глаза (ОКТПО) и ультразвуковая биомикроскопия (УБМ).

Цель работы: оценить эмульгацию СМ и его топографическое распределение с помощью инструментальных методов исследования у пациентов после задней закрытой витрэктомии с длительной тампонадой витреальной полости силиконовым маслом, а также установить потенциальную взаимосвязь с клиническими данными.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

В проспективное исследование были включены пациенты, которым была выполнена трехпортовая витрэктомия с введением СМ в условиях Екатеринбургского центра МНТК «Микрохирургия глаза». Всем пациентам на этапе удаления силикона в предоперационном и послеоперационном периодах проводили оптическую когерентную томографию переднего отрезка глаза, оптическую когерентную томографию заднего отрезка глаза, ультразвуковую биомикроскопию с оценкой степени эмульгации силикона и его распределения на структурах переднего и заднего сегмента глазного яблока. Всего в исследование включены 18 человек в возрасте от 18 до 60 лет независимо от нозологии, которая стала причиной витрэктомии. В исследование не включали пациентов с наличием клеточной взвеси в передней камере. Основным критерием включения была длительность силиконовой тампонады, превышающая 5 месяцев. Наличие у пациента вторичной глаукомы не было критерием включения или невключения, данный показатель оценивался отдельно. В дальнейшем пациенты были разделены на две группы: с диагнозом СИГ (группа 1) и без СИГ (группа 2). Между группами был проведен сравнительный анализ полученных результатов. Клиническая характеристика пациентов представлена в таблице 1.

Для структурно-функциональной оценки переднего отрезка глаза и визуализации эмульгированного СМ в переднем сегменте глаза, кроме биомикроскопии, всем пациентам была выполнена ОКТПО на приборе Casia 2 (Tomey, Япония) со скоростью сканирования 50 000 А-сканов в секунду, длиной волны 1310 нм, глубиной проникновения в ткани 13 мм. УБМ выполнена с использованием приборов Sonomed VuMAX HD (Sonomed Inc, США) с частотой 50 МГц, с разрешением 50 мкн, глубиной проникновения в ткани 5 мм и В-сканера Tomey UD-8000 с зондом для биомикроскопии (Tomey, Япония) с частотой 60 МГц. Оптическая когерентная томография (ОКТ) заднего отрезка выполнялась на приборе Optovue SOLIX (Optovue, США) со скоростью сканирования 120 000 А-сканов в секунду, длиной волны 3 мм, глубиной проникновения в ткани 3–16 мм.

В ходе исследования оценивали ряд структур глаза на наличие гиперэхогенных включений по данным УБМ, за которые принимались участки с повышенным отражением ультразвукового сигнала за счет их более высокой плотности. Наличие гиперэхогенных структур оценивали в передней камере глаза, в углу передней камеры глаза, на эндотелии роговицы, на передней поверхности

радужки, на плоской части цилиарного тела, на его отростках. Фиксировали наличие гиперолеона (феномен скопления большого количества эмульгированного СМ, названного аналогично гифеме и гипопиону), «призрачных изображений» (повторяющиеся дугообразные гиперэхогенные линии, формирующиеся при многократном повторении отражения сигнала ультразвука от крупных скоплений эмульгированных капелек СМ на эндотелии). СМ находили под конъюнктивой (рис. 1–4). При проведении ОКТ оценивали наличие гиперрефлективных включений на тех же структурах глаза.

УБМ выполняли в положении пациента лежа на спине, ОКТПО и ОКТЗО — в положении сидя, одним врачом. При УБМ было проведено аксиальное сканирование по вертикальной и горизонтальной осям и меридианальные сканирования в восьми направлениях по часовой стрелке (12:00, 1:30, 3:00, 4:30, 6:00, 7:30, 9:00 и 10:30). ОКТПО оценивали по протоколам Pre-Op Cataract и Post-Op Cataract. ОКТЗО выполняли в режиме Radial Lines в 12 направлениях, соответствующих 12 часовым отметкам с фиксацией в центре фовеа.

При оценке патологических изменений заднего отрезка глаза учитывали наличие линейных или отдельных гиперрефлективных включений на поверхности сетчатки.

Таблица 1. Распределение пациентов по полу, возрасту и заболеванию

Table 1. Distribution of patients by gender, age and disease

		Кол-во глаз общее Number of eyes, total (n = 18)	Кол-во глаз с СИГ Number of eyes with SIG (n = 13)	Кол-во глаз без СИГ Number of eyes without SIG (n = 5)
Мужчины / Male		9 (50 %)	9 (69,23 %)	0
Женщины / Female		9 (50 %)	4 (30,77 %)	5 (100 %)
Клинический диагноз Clinical diagnosis	Пролиферативная диабетическая ретинопатия Proliferative diabetic retinopathy	6 (33,33 %)	5 (38,46 %)	1 (20 %)
	Отслойка сетчатки Retinal detachment	12 (66,67 %)	8 (61,54 %)	4 (80 %)

Таблица 2. Клиническая характеристика пациентов

Table 2. Clinical characteristics of patients

	Длительность тампонады Duration of tamponade	Острота зрения до витрэктомии Visual acuity before vitrectomy	Острота зрения на последнем осмотре Visual acuity at the last examination	ВГД до витрэктомии, мм рт. ст. IOP before vitrectomy, mm Hg	ВГД на последнем осмотре, мм рт. ст. IOP at the last examination, mm Hg	Количество гипотензивных препаратов до витрэктомии Antihypertensive eye drops before Vitrectomy	Количество гипотензивных препаратов на последнем осмотре Antihypertensive eye drops at the last examination
Кол-во глаз с СИГ Number of eyes with SIG (n = 13)	34,00 ± 13,67	0,13 ± 0,06	0,15 ± 0,06	18,08 ± 2,93	32,85 ± 4,55*	0	2,54 ± 0,37**
Кол-во глаз без СИГ Number of eyes without SIG (n = 5)	10,40 ± 2,54	0,10 ± 0,03	0,22 ± 0,04	15,40 ± 0,50	17,20 ± 0,86*	0	0**
Кол-во глаз общее Number of eyes, total (n = 18)	28,89 ± 10,81	0,10 ± 0,03	0,17 ± 0,04	17,33 ± 2,12	28,50 ± 3,67	0,1 ± 0,03	1,83 ± 0,38

Примечание. * $p < 0,01$; ** $p < 0,001$.
Note. * $p < 0,01$; ** $p < 0,001$.

Показатели оценивали по бинарной системе: «0» — отсутствие признака, «1» — наличие признака независимо от его количественной характеристики. Оценка проводилась двумя исследователями независимо друг от друга. Результаты вносили в таблицы и анализировали при согласованности полученных данных.

Помимо этого, всем пациентам выполнялось стандартное офтальмологическое обследование, включавшее определение максимально скорректированной остроты зрения, тонометрию, рефрактометрию, оптическую биометрию.

Статистический анализ проводился с использованием программы Statistica. Нормальность распределения количественных признаков определялась по программе Statistica. Сравнение групп по количественному признаку производилось при помощи критерия Хи-квадрат, по качественному признаку — с помощью U-критерия Манна — Уитни. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез — $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Всего было обследовано 18 пациентов (9 мужчин, 9 женщин). На момент исследования срок тампонады варьировал от 5 до 192 месяцев, составив в среднем $28,89 \pm 10,81$ месяца. Из 18 глаз диагноз «вторичная силикон-индуцированная глаукома» был поставлен в 13 случаях. Средние значения максимальной скорректированной остроты зрения, ВГД, количество гипотензивных препаратов до и после удаления СМ представлены в таблицах 1 и 2.

Установлено, что при значительной длительности тампонады витреальной полости силиконом вторичная силикон-индуцированная глаукома развилась у большинства пациентов — в 72,2 % случаев. Несмотря на использование максимальной медикаментозной терапии у пациентов в этой группе, уровень ВГД превышал значение в группе сравнения.

При сравнительном анализе полученных результатов было установлено улучшение остроты зрения, максимально выраженное у пациентов без СИГ ($p < 0,005$). Уровень ВГД и количество используемых гипотензивных препаратов предсказуемо было достоверно выше в группе пациентов с СИГ ($p < 0,005$ в обоих случаях). Изменения остальных параметров были статистически незначимы.

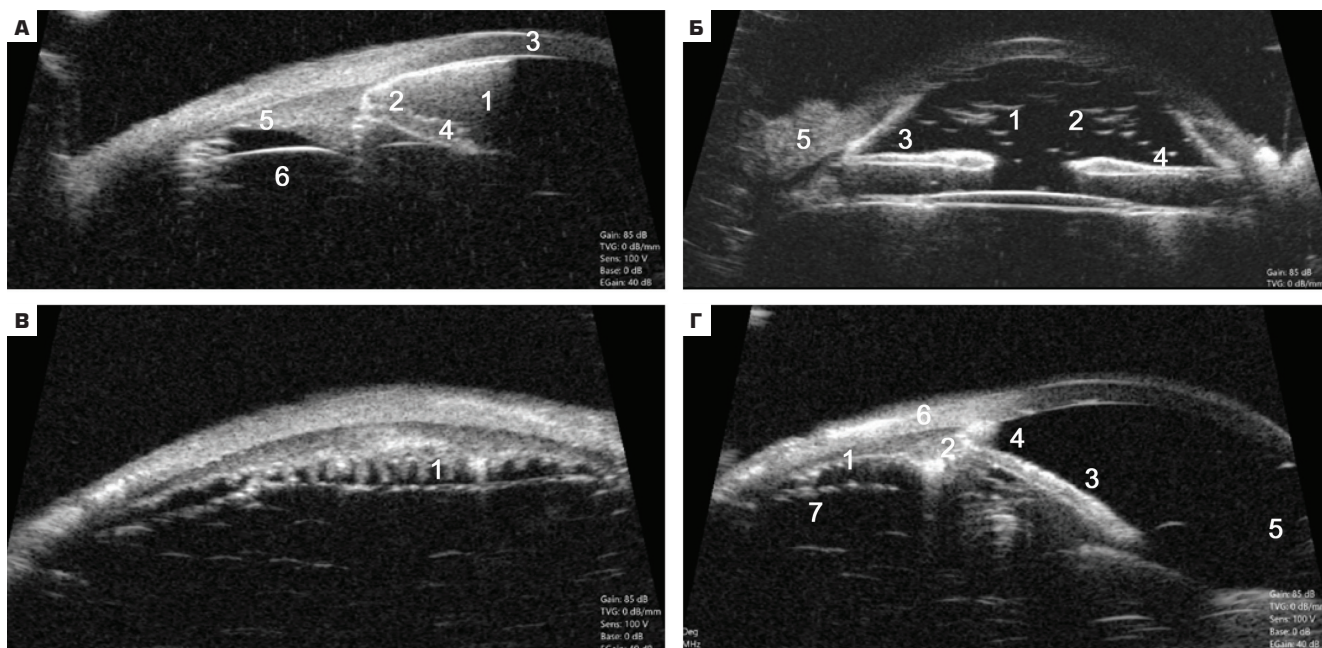


Рис. 1. УБМ переднего сегмента глаза пациента с эмульгацией силиконового масла. А: 1 — гиперолеон, 2 — гиперэхогенные включения в УПК, 3 — гиперэхогенные включения на эндотелии роговицы, 4 — гиперэхогенность передней поверхности радужки, 5 — гиперэхогенные включения на плоской части ЦТ, 6 — мениск силиконового масла; Б: 1 — «призрачные изображения», 2 — гиперэхогенные включения в ПК, 3 — гиперэхогенные включения в УПК, 4 — гиперэхогенность передней поверхности радужки, 5 — СМ под конъюнктивой; В: 1 — гиперэхогенные включения на отростках ЦТ, 3 — гиперэхогенность передней поверхности радужки, 4 — гиперэхогенные включения в УПК, 5 — гиперэхогенные включения в ПК, 6 — СМ под конъюнктивой, 7 — мениск пузыря СМ

Fig. 1. UBM of the anterior segment of the patient's eye with emulsification of silicone oil. A: 1 — hyperoleon, 2 — impregnation of the anterior chamber angle, 3 — Impregnation on the endothelium, 4 — impregnation on the anterior iris surface, 5 — impregnation on the pars plana of the ciliary body, 6 — meniscus of the silicone oil; Б: 1 — ghost images, 2 — impregnation in the anterior chamber, 3 — impregnation of the anterior chamber angle, 4 — impregnation on the anterior iris surface, 5 — silicone oil under the conjunctiva; В: 1 — impregnation on the pars plicata of the ciliary body; Г: 1 — impregnation on the pars plana of the ciliary body, 2 — impregnation on the pars plicata of the ciliary body, 3 — impregnation on the anterior iris surface, 4 — impregnation of the anterior chamber angle, 5 — impregnation in the anterior chamber, 6 — silicone oil under the conjunctiva, 7 — meniscus of the silicone oil

Таблица 3. Характеристика распространения эмульгированного силикона в переднем сегменте глаза по данным УБМ

Table 3. Characteristics of the distribution of emulsified silicone in the eye anterior segment according to UBM data

Признак Sign	Кол-во пациентов всего Total number of patients (n = 18)	Группа 1. Пациенты с СИГ Group 1. Patients with SIG (n = 13)	Группа 2. Пациенты без СИГ Group 2. Patients without SIG (n = 5)
Включения в ПК Impregnation in the anterior chamber	16 (88,88 %)	13 (100 %)	3 (60 %)
Включения в УПК Impregnation of the anterior chamber angle	14 (66,67 %)	11 (84,62 %)*	1 (20 %)*
Включения на эндотелии Impregnation on the endothelium	13 (72,2 %)	10 (76,92 %)	2(40 %)
Включения на передней поверхности радужки Impregnation on the anterior iris surface	12 (66,67 %)	11 (84,62 %)*	0*
Гиперолеон Hyperoleon	4 (22,22 %)	4 (30,77 %)	0
«Призрачные изображения» Ghost images	8 (44,44 %)	8 (61,54 %)*	0*
СМ под конъюнктивой Silicone oil under the conjunctiva	10 (55,56 %)	9 (69,23 %)	2 (40 %)
Включения на плоской части ЦТ Impregnation on the pars plana of he ciliary body	10 (55,56 %)	10 (76,92 %)*	0*
Включения на отростках ЦТ Impregnation on the pars plicata of the ciliary body	14 (77,78 %)	13 (100 %)*	1 (20 %)*

Примечание. * p < 0,05.
Note. * p < 0.05.

У всех пациентов с длительным сроком тампонады и СИГ, а также в 40 % случаев у больных с нормальными показателями ВГД эмульгированный силикон в передней камере глаза можно было видеть не только на сканах УБМ, но и при проведении стандартной биомикроскопии и гониоскопии. Отдельно стоит выделить признаки, которые встречаются только у пациентов с СИГ, — это гиперэхогенные включения на передней поверхности

радужки, на плоской части ЦТ, гиперолеон, «призрачные изображения» (в 84,62, 76,92, 30,77 и 61,54 % соответственно) (табл. 3). У всех 13 пациентов с СИГ СМ было обнаружено на отростках цилиарного тела (у 1 пациента — 20 % в группе без глаукомы) и в виде гиперрефлективных включений в ПК глаза, у каждого третьего пациента отмечен большой объем эмульгированного силикона в передней камере в виде уровня гиперолеона. СМ на структурах УПК встречалось в 84,62 % среди пациентов с глаукомой, только у одного пациента (20 %) — без нее. В 69,23 % случаев в группе с СИГ и в 40 % случаев в группе сравнения установлена диффузия эмульгата под конъюнктиву. СМ на эндотелии обнаруживалось в обеих группах сравнения (в 76,92 % в группе пациентов с СИГ, в 40 % — у пациентов без глаукомы).

Значимость различий исходов (формирование СИГ либо сохранение нормального уровня ВГД) в зависимости от воздействия факторов риска рассчитывалась с помощью критерия Пирсона. Группы сравнения были независимы друг от друга, в анализ были включены наиболее репрезентативные критерии, такие как гиперэхогенные включения в различных топографических зонах переднего сегмента глаза, длительность тампонады.

При сравнении результатов, полученных при проведении УБМ и ОКТПО, были установлены явные преимущества ультразвукового сканирования из-за большей информативности данного метода исследования. Ниже представлен пример проведенных последовательно УБМ и ОКТПО одного и того же пациента с установленным диагнозом СИГ, при этом на ОКТ, в отличие от УБМ, не обнаруживались признаки эмульгирования (рис. 2, 3).

В 8 случаях из 18 при наличии прозрачных оптических сред по данным ОКТЗО были выявлены признаки, свидетельствующие о наличии эмульгированного СМ — линейные гиперрефлективные включения на поверхности сетчатки, гиперрефлективные включения в преретинальном пространстве, интравитреальные гиперрефлективные очаги (рис. 3). Однако вследствие того, что части пациентов было невозможно провести ОКТЗА из-за непрозрачных оптических сред, данные ОКТЗА не учитывались в статистическом анализе.

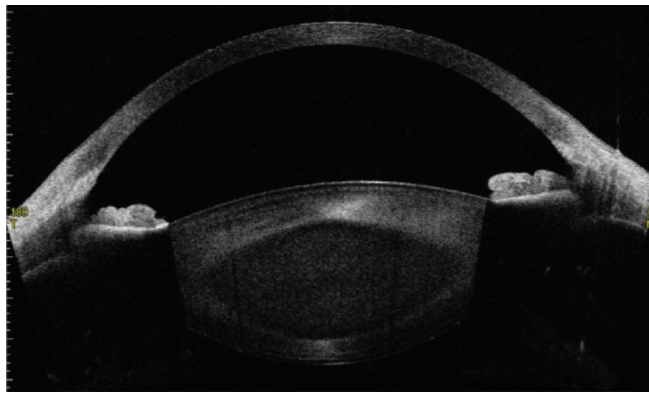


Рис. 2. ОКТ пациента с СИГ без явных признаков эмульгирования

Fig 2. OCT of a patient with SIG without obvious signs of emulsification

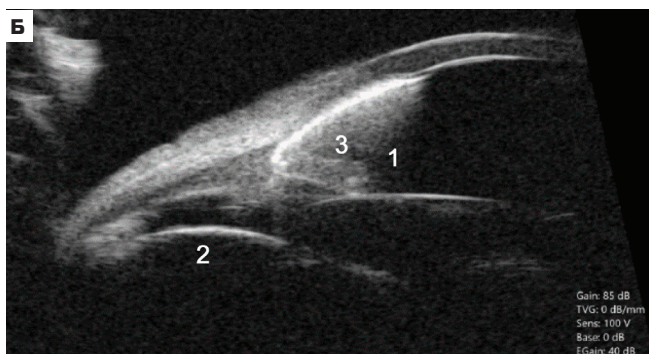
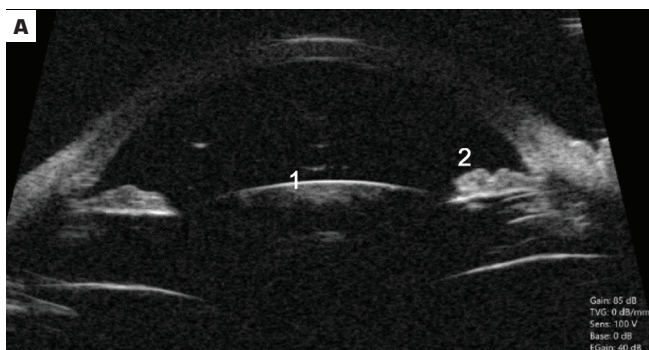


Рис. 3. УБМ того же пациента с СИГ. А: 1 — гиперэхогенные включения в ПК, 2 — «призрачные изображения»; Б: 1 — гиперолеон, 2 — мениск пузыря СМ, 3 — гиперэхогенные включения в УПК

Fig. 3. UBM of the same patient with SIG. A: 1 — impregnation in the anterior chamber, 2 — ghost images; Б: 1 — hyperoleon, 2 — meniscus of the silicone oil, 3 — impregnation of the anterior chamber angle

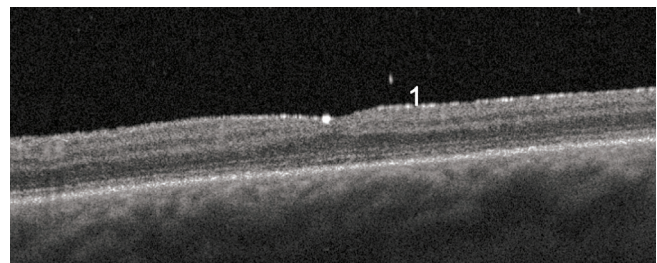


Рис. 4. ОКТ заднего отрезка глаза. 1 — гиперрефлективные включения на поверхности сетчатки

Fig. 4. OCT of the posterior segment of the eye. 1 — hyperreflective inclusions on the surface of the retina

ОБСУЖДЕНИЕ

Изучению эмульгирования силиконового масла в последнее время посвящено большое количество научных работ в мире. Связано это прежде всего с осложнениями, ассоциированными с длительным нахождением силикона в глазу. Формирование катаракты [14], которое является наиболее частым осложнением, может быть полностью устранено путем замены хрусталика. Более редкими осложнениями являются такие, как кератопатия, обусловленная контактом эндотелия роговицы с силиконом [15], инфекционные осложнения, которые могут сопутствовать любому хирургическому вмешательству на глазах. Однако одной из наиболее значимых проблем, которую следует принимать во внимание при планировании витреоретинальных операций, является вероятность формирования различных вариантов послеоперационной офтальмогипертензии. Как было указано выше, частота подъема внутриглазного давления значимо варьирует по данным разных авторов [1, 2]. При этом необходимо различать офтальмогипертензию раннего послеоперационного периода, обусловленную избыточным объемом вводимого в витреальную полость СМ [1, 3], реакцией глаз на топические стероиды, входящие в стандартную схему ведения после операции, реакцией тканей глаза со стороны трабекулы или цилиарного тела на периоперационный стресс, и прямой контакт с СМ. Более значимым в плане необратимой потери зрительных функций является подъем ВГД в поздний послеоперационный период на фоне эмульгации силиконового масла, его диффузии в передние сегменты глазного яблока.

Механизмы эмульгации силикона до конца не изучены, но считается, что в результате взаимного движения относительно друг друга пузырька СМ, внутриглазной жидкости с остатками стекловидного тела, тканей глаза происходит преодоление сил поверхностного натяжения на границе раздела фаз «пузырек СМ — вода». Это вызывает диспергирование силикона (формирование более мелких частиц вещества), а затем при участии поверхностно-активных веществ (сурфактантов) начинается смешивание пузырьков СМ с водянистой влагой — эмульгирование [11]. Причем наличие сурфактантов является обязательным условием для данного процесса, что было доказано в ходе научных исследований [16]. Логично предположить, что чем длительнее тампонада витреальной полости СМ, тем больше вероятность его эмульгирования. С учетом того, что капли эмульгированного СМ имеют размер менее 1 микрона, они, с одной стороны, легко проникают в трабекулярную сеть, нарушая отток водянистой влаги, с другой стороны, полное их удаление из структур глаза представляется невозможным. Таким образом, при длительной тампонаде силиконом витреальной полости все пациенты находятся в группе риска развития СИГ либо уже имеют развитую стадию заболевания. Безусловно, витреоретинальные хирурги хорошо осведомлены о возможных «подводных

камнях» силиконовой тампонады и при возможности стремятся минимизировать длительность нахождения СМ в глазу. Однако при тяжелом диабетическом поражении глаза или рецидивирующей отслойке сетчатки возникает необходимость в пролонгировании тампонады, тогда любой дополнительный инструмент может быть полезен для правильного принятия решения.

Для детальной оценки степени эмульгации силикона и его диффузии в передний сегмент глазного яблока на существующем этапе развития офтальмологии успешно применяются такие инструментальные методы, как ОКТ и УБМ. Преимущества их очевидны: скорость и точность обследования, малая инвазивность.

Обзор литературных данных, посвященных этой проблеме, показал, что оценка степени эмульгации в большинстве работ проводилась с использованием ультразвуковых методов диагностики [17–19], что объясняется принципом работы этих приборов. Прохождение волн ультразвука через структуры глаза, их отражение и возвращение к источнику излучения происходят независимо от оптической плотности и от размеров объекта. Поэтому капли СМ даже в несколько микрон, взвешенные во влаге передней камеры глаза, могут быть обнаружены. В отличие от этого, при проведении ОКТ пузырьки силикона будут визуализироваться за счет отраженного сигнала в виде гиперрефлективных границ только в случае контакта масла со структурами переднего сегмента глаза (радужка, роговица) либо в виде гиперрефлективных отражений — призрачных картинок (по аналогии с ультразвуковыми методами исследования). В случаях, когда свободные капли СМ плавают в водянистой влаге, их обнаружение с помощью ОКТ затруднено, так как, во-первых, свет проходит через пузырьки силикона с минимальными искажениями, а во-вторых, в оптических когерентных томографах при обработке сигналов для подавления проекционных артефактов и улучшения изображений используются алгоритмы усреднения данных [20].

Важным результатом проведенного исследования можно считать выявление признаков эмульгирования силикона, присущих только пациентам с СИГ. Это гиперэхогенность границ угла передней камеры глаза, передней поверхности радужки, наличие гиперэхогенных включений на плоской части и на отростках ЦТ. Присутствие эмульгированного силикона на отростках цилиарного тела было установлено в 100 % случаев у пациентов с СИГ и лишь у одного пациента группы сравнения. Это позволяет предположить, что данный диагностический критерий может являться предвестником формирования силиконовой глаукомы. Для подтверждения данного тезиса требуется проведение большего количества исследований.

В то же время формирование гиперолеона можно рассматривать как наиболее достоверный и информативный показатель уже сформировавшейся претрабекулярной ретенции и СИГ.

Наиболее часто встречаемым показателем у пациентов обеих групп исследования были включения в ПК, представляющие собой мелкие фракции пузырьков силикона, плавающих во влаге ПК. Это говорит о том, что по истечении 5 месяцев процесс эмульгации в той или иной мере запускается у подавляющего числа пациентов с тампонадой СМ.

Наличие эмульгирования силикона в витреальной полости не влияет на изменение гидродинамики глаза, но играет важную роль в прогнозировании зрительных функций. Известно, что стойкие преретинальные капли, обнаруженные с помощью оптической когерентной томографии, статистически связаны с микрокистозными изменениями сетчатки, кистозным макулярным отеком и экссудативной отслойкой сетчатки [21].

С учетом патогенетических механизмов развития силикон-индуцированной глаукомы радикально решить проблему офтальмогипертензии использованием топической гипотензивной терапии либо проведением фистулизирующих антиглаукомных операций в подавляющем большинстве случаев не представляется возможным. В связи с этим ранняя диагностика силиконового эмульгации и, соответственно, своевременное удаление или замена силикона являются актуальными в плане превентивных мероприятий, позволяющих предупредить или отсрочить развитие глаукомы.

ОГРАНИЧЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Данное исследование проведено на небольшой выборке, что ставит под сомнение полученные статистические данные. Это обусловлено таким критерием включения, как длительность тампонады более 5 месяцев, которая применяется крайне редко у пациентов с высоким риском развития рецидива отслойки сетчатки и пролиферативной витреоретинопатией. Тем не менее

в работе получены важные первоначальные данные для будущих, более широких исследований.

В работе не рассматривался такой диагностический критерий, как гиперэхогенность задней поверхности радужки, в связи с разноречивыми значениями двух исследователей, которые оценивали протоколы УБМ. Возможно, это явилось следствием сложной дифференциации с естественной гиперэхогенностью этой структуры глаза.

ВЫВОДЫ

1. Наиболее информативными признаками, свидетельствующими о высоком риске СИГ, являются гиперэхогенность структур цилиарного аппарата (плоской части и его отростков) и угла передней камеры (трабекулярный аппарат, шлеммов канал), а также «призрачные изображения».

2. Гиперолеон является чувствительным, но, вероятно, поздним признаком эмульгирования.

3. При проведении исследований следует учитывать естественную гиперэхогенность пигментного листка радужки.

4. Гиперэхогенные включения в передней камере глаза не имеют прямой связи с риском возникновения СИГ, однако указывают на процесс эмульгирования в целом.

5. Среди инструментальных методов обследования наиболее универсальным стала ультразвуковая биомикроскопия. Диагностические возможности оптической когерентной томографии в контексте обнаружения эмульсии силиконового масла ограничены, применимы только к заднему отрезку глаза при наличии прозрачных оптических сред.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Юрьева Т.Н. — концепция и дизайн работы, редактирование, окончательное утверждение версии, подлежащей публикации;
Коняева Ю.М. — концепция и дизайн работы, сбор, анализ и обработка материала, написание текста;
Михалевиц И.М. — анализ и обработка материала, статистический анализ;
Евдокевич Т.Н. — сбор, анализ и обработка материала.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Kumar H, Talwar D, Thulasidas M, Taneja S. A New Mechanism of Silicone Oil-Induced Glaucoma and Its Management. *Case Reports in Ophthalmological Medicine*. 2022;2022:2343139. doi: 10.1155/2022/2343139.
- Khodeiry MM, Liu X, Sheheitli H, Sayed MS, Lee RK. Slow Coagulation Transscleral Cyclophotocoagulation for Postvitrectomy Patients With Silicone Oil-Induced Glaucoma. *Journal of Glaucoma*. 2021 Sep;30(9):789–794. doi: 10.1097/jgg.0000000000001893.
- Rossi T, Ripandelli G. Pars Plana Vitrectomy and the Risk of Ocular Hypertension and Glaucoma: Where Are We? *Journal of Clinical Medicine*. 10 Dec 2020;9(12):E3994. doi: 10.3390/jcm9123994.
- Branisteanu DC, Moraru AD, Maranduca MA. Intraocular pressure changes during and after silicone oil endotamponade (Review). *Experimental and Therapeutic Medicine*. 2020 Dec;20(6):204. doi: 10.3892/etm.2020.9334.
- Allen C, Dawson E, Aulakh M, Haas CJ. Migration of silicone oil for retinal detachment. *Radiology Case Reports*. 2022 Jun;17(6):1968–1972. doi: 10.1016/j.radcr.2022.03.027.
- De Corral LR, Cohen SB, Peyman GA. Effect of intravitreal silicone oil on intraocular pressure. *Ophthalmic Surg*. 1987 Jun;18(6):446–449.
- Al-Jazzaf AM, Netland PA, Charles S. Incidence and management of elevated intraocular pressure after silicone oil injection. *Journal of Glaucoma*. 2005 Feb;14(1):40–46. doi: 10.1097/01.jgg.0000145811.62095.fa.
- Costarides AP, Alabata P, Bergstrom C. Elevated intraocular pressure following vitreoretinal surgery. *Ophthalmol Clin North Am*. 2004 Dec;17(4):507–512. doi: 10.1016/j.ohc.2004.06.007.
- Ratanapakorn T, Thongmee W, Meethongkam K. Emulsification of Different Viscosity Silicone Oil in Complicated Retinal Detachment Surgery: A Randomized Double-Blinded Clinical Trial. *Clinical Ophthalmology (Auckland, N.Z.)*. 2020;14:359–367. doi: 10.2147/oph.s242804.
- Marti M, Walton R, Böni C, Zweifel SA, Stahel M, Barthelmes D. Increased intraocular pressure is a risk factor for unexplained visual loss during silicone oil endotamponade. *Retina*. 2017 Dec;37(12):2334–2340. doi: 10.1097/IAE.0000000000001492.
- Kandarakis SA, Petrou P, Doumazos S, Chronopoulou K, Doumazos L, Halkiadakis I, Georgalas I. Combining Perfluorobutylpentane (F4H5) with Glaucoma Drainage Device Implantation for Silicone Oil-Induced Glaucoma: A Pilot Study. *Turk J Ophthalmol*. 2023 Oct 19;53(5):281–288. doi: 10.4274/tjo.galenos.2023.95825.
- Nicolai M, Lassandro N, Franceschi A. Intraocular Pressure Rise Linked to Silicone Oil in Retinal Surgery: A Review. *Vision (Basel, Switzerland)*. 2020 Aug;4(3):E36. doi: 10.3390/vision4030036.
- Mangouritsas G, Mourtzoukos S, Portaliou DM. Glaucoma associated with the management of rhegmatogenous retinal detachment. *Clinical Ophthalmology (Auckland, N.Z.)*. 2013;7:727–734. doi: 10.2147/oph.s42792.
- Coman Cernat CC, Munteanu M, Patoni Popescu SI, Muşat O. Silicone oil complications in vitreoretinal surgery. *Romanian Journal of Ophthalmology*. 2022 Oct-Dec;66(4):299–303. doi: 10.22336/rjo.2022.55.
- Ferrara M, Cocco G, Sorrentino T, Jasani KM, Moussa G, Morescalchi F, Dhawahir-Scala F, Semeraro F, Steel DHW, Romano V, Romano MR. Retinal and Corneal Changes Associated with Intraocular Silicone Oil Tamponade. *J Clin Med*. 2022 Sep 5;11(17):5234. doi: 10.3390/jcm11175234.
- Crisp A, de Juan E Jr, Tiedeman J. Effect of silicone oil viscosity on emulsification. *Arch Ophthalmol*. 1987 Apr;105(4):546–550. doi: 10.1001/archoph.1987.01060040116047.
- Zhao H, Yu J, Zong Y, Jiang C, Zhu H, Xu G. Characteristics of Silicone Oil Emulsification After Vitrectomy for Rhegmatogenous Retinal Detachment: An Ultrasound Biomicroscopy Study. *Front Med (Lausanne)*. 2022 Jan 13;8:794786. doi: 10.3389/fmed.2021.794786.

Т.Н.Юрьева, Ю.М. Коняева, И.М. Михалевиц, Т.Н. Евдокевич

Контактная информация: Коняева Юлия Михайловна konyayevayuliya@yandex.ru

Инструментальная оценка эмульгирования силиконового масла и его топографического...

18. Zhao H, Wu K, Zong Y, Chen Q, Jiang C. Quantitative signs on ultrasound biomicroscopy images associated with the status of silicone oil emulsification within the eye. *Sci Prog.* 2024 Jul-Sep;107(3):368504241281255. doi: 10.1177/00368504241281255.
19. Wu N, Zhang H. Ultrasound biomicroscopy of hyperpressurized eyes following pars plana vitrectomy. *Exp Ther Med.* 2013 Sep;6(3):769–772. doi: 10.3892/etm.2013.1206.
20. Szkulmowski M, Wojtkowski M. Averaging techniques for OCT imaging. *Opt Express.* 2013 Apr 22;21(8):9757–9773. doi: 10.1364/OE.21.009757.
21. Valentin-Bravo FJ, Stanga PE, Reinstein UI, Stanga SEF, Martinez-Tapia SA, Pastor-Idoate S. Silicone oil emulsification: A literature review and role of widefield imaging and ultra-widefield imaging with navigated central and peripheral optical coherence tomography technology. *Saudi J Ophthalmol.* 2024 Jan 6;38(2):112–122. doi: 10.4103/sjopt.sjopt_193_23.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Юрьева Татьяна Николаевна
доктор медицинских наук, профессор
<https://orcid.org/0000-0003-0547-7521>

Коняева Юлия Михайловна
врач-офтальмолог
<https://orcid.org/0009-0005-2938-4575>

Михалевич Исай Моисеевич
кандидат геолого-минералогических наук, заведующий кафедрой педагогических и информационных технологий
<https://orcid.org/0000-0003-4854-3277>

Евдокевич Татьяна Николаевна
врач-офтальмолог

ABOUT THE AUTHORS

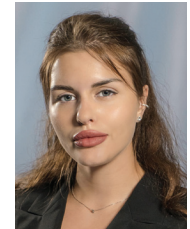
Yurieva Tatiana N.
MD, Professor
<https://orcid.org/0000-0003-0547-7521>

Koniaeva Iuliia M.
ophthalmologist
<https://orcid.org/0009-0005-2938-4575>

Mihalevich Isai M.
PhD, head of the Department
<https://orcid.org/0000-0003-4854-3277>

Evdokovich Tatiana N.
ophthalmologist

Морфологические особенности роговицы у пациентов с начальным кератоконусом после одномоментной фоторефракционной кератэктомии и кросслинкинга роговичного коллагена. Часть 1. Анализ клеточной структуры и суббазального нервного сплетения роговицы

С.Б. Измайлова¹Б.Э. Малюгин²З.М. Исмаилова¹М.Р. Таевере¹И.А. Захарова¹С.Ю. Калининкова¹

¹ ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
Бескудниковский бульвар, 59а, Москва, 127486, Российская Федерация

² Глазной институт Джюлиуса Стейна при Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе
Stein Plaza, 200, CA 90095-7003, Лос-Анджелес, США

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2026;23(1):74–83

Цель: определить изменения клеточной структуры и суббазальных нервных волокон роговицы у пациентов с начальным кератоконусом в течение 12 месяцев наблюдения после одномоментной трансэпителиальной фоторефракционной кератэктомии в сочетании с ультрафиолетовым кросслинкингом роговичного коллагена по акселерированному протоколу. **Пациенты и методы.** В исследование были включены 30 пациентов/глаз в возрасте от 18 до 45 лет с прогрессирующим КК I стадии, которым до и после проведенного лечения была выполнена послойная лазерная сканирующая конфокальная микроскопия роговицы *in vivo*, по результатам которой измеряли суммарную, среднюю, минимальную и максимальную длину нервных волокон роговицы, а также плотность суббазального нервного сплетения. Исследования проводили на сроках до и через 1, 6 и 12 месяцев после операции. **Результаты.** Морфологические изменения, выявленные с помощью лазерной сканирующей конфокальной микроскопии, были ограничены передней и средней стромой, не превышая глубину 300 мкм, и носили временный характер: на 1-м месяце — эпителиопатия, субэпителиальная фиброплазия, лакунарный отек по типу «пчелиных сот» и резкое снижение плотности суббазального нервного сплетения; к 6 месяцам — частичная регенерация кератоцитов и суббазального нервного сплетения, уменьшение плотности отека; к 12 месяцам — почти полное восстановление клеточной структуры роговицы и суббазальной иннервации (плотность суббазального нервного сплетения — 80,5 % от исходного уровня, суммарная длина нервных волокон — 82 %). **Заключение.** Одномоментное выполнение трансэпителиальной фоторефракционной кератэктомии с акселерированным кросслинкингом приводит к выраженным морфологическим изменениям эпителия, стромы и нервных волокон роговицы. Транзиторный характер этих изменений указывает на сохранение репаративного потенциала кератоцитов после комбинированного вмешательства.

Ключевые слова: кератоконус, трансэпителиальная фоторефракционная кератэктомия, кросслиндинг роговичного коллагена, лазерная сканирующая конфокальная микроскопия роговицы, суббазальное нервное сплетение

Для цитирования: Измайлова С.Б., Малюгин Б.Э., Исмаилова З.М., Таевере М.Р., Захарова И.А., Калининкова С.Ю. Морфологические особенности роговицы у пациентов с начальным кератоконусом после одномоментной фоторефракционной кератэктомии и кросслинкинга роговичного коллагена. Часть 1. Анализ клеточной структуры и суббазального нервного сплетения роговицы. *Офтальмология*. 2026;23(1):74–83. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-74-83>

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

Конфликт интересов отсутствует.



Morphological Features of the Cornea in Patients with Initial Keratoconus after Simultaneous Photorefractive Keratectomy and Corneal Collagen Crosslinking. Part 1. Analysis of the Cellular Structure and Sub-basal Nerve Plexus of the Cornea

S.B. Izmailova¹, B.E. Malyugin², Z.M. Ismailova¹, M.R. Taevere¹, I.A. Zakharova¹, S.Yu. Kalinnikova¹

¹ S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Beskudnikovskiy Blvd, 59a, Moscow, 127486, Russian Federation

² CLA Department of Ophthalmology, Jules Stein Eye Institute
Stein Plaza, U200, CA 90095-7003, Los Angeles, USA

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2026;23(1):74–83

Objective: to present corneal morphological changes in patients with initial keratoconus during 12-month follow-up period after simultaneous transepithelial photorefractive keratectomy with accelerated ultraviolet collagen crosslinking. **Patients and methods.** The study included 30 patients/eyes aged 18–45 years with progressive stage 1 keratoconus, who underwent laser scanning in vivo confocal microscopy before and after treatment to measure the total, average, minimum and maximum lengths of corneal nerve fibres, as well as the sub-basal nerve plexus density; corneal optical coherence tomography with measurement of the demarcation line depth; Scheimpflug densitometry of the anterior-central layers of corneal stroma at 0–2 and 2–6-mm zones. The examinations were performed 1, 6 and 12 months after surgery. **Results.** Morphological changes observed by laser scanning in vivo confocal microscopy located in the anterior and middle stroma within 300 µm depth and were temporary: at 1 month — epitheliopathy, subepithelial fibroplasia, honeycomb-type lacunar edema and a sharp decrease in sub-basal nerve plexus density; at 6 months — partial regeneration of the keratocytes and sub-basal nerve plexus, reduction of the lacunar edema; at 12 months — nearly complete restoration of corneal cellular structure and sub-basal innervation (sub-basal nerve plexus density — 80.5 % of preoperative data, total length of nerve fibres — 82 %). According to Scheimpflug densitometry, the highest values of corneal optical density was detected at 1 month after surgery and subsequently returned to baseline at 12 months, indicating reducing of postoperative corneal haze. According to anterior segment optical coherence tomography, the demarcation line depth was 198.5 (179.25; 214.5) µm visualized at 1 month postoperatively. **Conclusion.** Simultaneous transepithelial photorefractive keratectomy with accelerated corneal crosslinking can be considered as a safe and effective approach to managing initial keratoconus, that ensures morphological restoration of the cornea and minimal risk of severe fibroblastic complications during one-year follow-up period. Further research is needed to assess the long-term stability of the results.

Keywords: keratoconus, transepithelial photorefractive keratectomy, corneal collagen crosslinking, laser scanning in vivo confocal microscopy, optical coherence tomography, Scheimpflug densitometry, sub-basal nerve plexus

For citation: Izmailova S.B., Malyugin B.E., Ismailova Z.M., Taevere M.R., Zakharova I.A., Kalinnikova S.Yu. Morphological Features of the Cornea in Patients with Initial Keratoconus after Simultaneous Photorefractive Keratectomy and Corneal Collagen Crosslinking. Part 1. Analysis of the Cellular Structure and Sub-basal Nerve Plexus of the Cornea. *Ophthalmology in Russia*. 2026;23(1):74–83. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-74-83>

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

There is no conflict of interests.

ВВЕДЕНИЕ

Диагностика и лечение кератоконуса (КК) по-прежнему остаются актуальными направлениями исследований в современной офтальмологии. Несмотря на широкое разнообразие классификаций и современного высокочувствительного диагностического оборудования, вопрос об этапности той или иной технологии лечения начального КК носит дискуссионный характер. Известно, что эффективность и безопасность различных методов хирургического лечения КК должна базироваться не только на оценке клинических результатов, но и на комплексном анализе структурных изменений на клеточно-тканевом уровне. В данном аспекте изучение морфологических свойств роговицы как одного

из диагностических критериев позволяет не только определить тактику ведения больного, но и оценить эффективность и безопасность проводимого лечения.

На данный момент для диагностики структурных изменений морфологии роговицы у пациентов с КК на различных стадиях широко применяется прижизненная лазерная сканирующая конфокальная микроскопия (ЛСКМ) роговицы. Данное исследование осуществляется с использованием конфокального микроскопа HRT с Rostock Cornea Module (Heidelberg Engineering, GmbH, Германия), последней моделью которого является HRT3-RCM. Преимуществом данного прибора, по сравнению с щелевыми микроскопами, такими как Confoscan 4 (Nidek Technologies, Япония), является более высокое

качество изображения, аксиальное разрешение, а также большая скорость сканирования [1].

Наиболее значимые патологические признаки КК по данным *in vivo* ЛСКМ обнаруживают на уровне суббазального нервного сплетения (СНС), стромы и эндотелия роговицы. Среди ранних структурных изменений стромы отмечают снижение плотности ядер кератоцитов, повышение степени их рефлективности, а также их вертикальную ориентацию. В ряде случаев могут наблюдаться признаки начальной эпителиопатии: нечеткость границ клеток, нарушение межклеточных контактов, изменения формы эпителиоцитов [2]. Дальнейшее прогрессирование КК сопровождается снижением плотности СНС, появлением микрострий в виде гипорефлективных полос, а на более поздних стадиях — морфологическими изменениями со стороны десцеметовой мембраны (ДМ) и эндотелия [1].

Проведение ультрафиолетового (УФ) кросслинкинга роговичного коллагена (КРК) приводит к морфологическим изменениям практически всех структур роговицы. На ЛСКМ после операции отмечают явления эпителиопатии в виде увеличения числа слущивающихся клеток, гиперрефлективных ядер. Постепенное ремоделирование эпителия примерно к 3 месяцам после операции способствует восстановлению его толщины до исходных значений [3]. Послеоперационные изменения со стороны боуменовской мембраны также носят временный характер, что проявляется зонами повышенной рефлективности мембраны с последующим полным восстановлением прозрачности в течение месяца после КРК [4]. Наибольшему влиянию УФ-излучения подвергаются передне-средние слои стромы, что проявляется гибелью (фотонекрозом) кератоцитов и развитием транзитного лакунарного отека [4, 5]. На ЛСКМ данный феномен визуализируется в виде «пчелиных сот» и носит название «псевдохейз», клинически сопровождающийся временным снижением остроты зрения у пациентов [8]. По мере репопуляции кератоцитов в течение 6–12 месяцев после КРК прозрачность роговицы восстанавливается [4]. Как правило, задние слои стромы, не подвергшиеся рибофлавин-УФ-индуцированному сшиванию коллагена, ДМ и эндотелий остаются интактными после операции [3].

Морфологические изменения при КК существенно затрагивают суббазальные нервные волокна роговицы (НВР), что проявляется уменьшением их длины, извитостью, снижением плотности, при этом степень выраженности этих изменений прямо пропорциональна тяжести заболевания [6]. Проведение хирургического вмешательства (как КРК, так и фоторефракционной кератэктомии (ФРК)) дополнительно влияет на состояние НВР, поэтому оценка параметров СНС с помощью ЛСКМ представляет собой важный инструмент для мониторинга репаративных процессов и функционального восстановления роговицы в послеоперационном периоде [3, 7].

На ранних стадиях КК крайне важным является своевременное вмешательство, направленное как на стабилизацию патологического процесса, так и на восстановление зрительных функций. Для решения этих задач применяются, как правило, следующие основные хирургические подходы: 1) УФ-КРК с различными вариантами протоколов и зон облучения; 2) интрастромальная кератопластика с имплантацией роговичных сегментов; 3) комбинированное применение вышеперечисленных методик, а также других методов коррекции аметропии (склеральные линзы, ФРК, имплантация торических интраокулярных линз и т. д.) [9]. Систематический обзор и метаанализ результатов комбинированных методов лечения КК, включающих УФ-КРК и эксимерлазерную хирургию, продемонстрировал их эффективность не только в остановке прогрессирования КК, но и в одновременной коррекции аномалий рефракции, что особенно актуально для молодых, социально активных пациентов [10]. Однако вопросы выбора оптимального протокола, сроков выполнения этих методик и морфологических последствий их одновременного применения остаются дискуссионными. Потенциальный риск формирования выраженной субэпителиальной фиброплазии, замедленной регенерации кератоцитов и СНС, токсического повреждения эндотелия требует более глубокого морфологического анализа безопасности сочетанного применения ФРК с КРК.

Цель настоящей работы — определить изменения клеточной структуры и суббазальных НВР у пациентов с начальным кератоконусом в течение 12 месяцев наблюдения после одномоментной трансэпителиальной фоторефракционной кератэктомии (транс-ФРК) в сочетании с УФ-КРК по акселерированному протоколу.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

В исследуемую группу вошли 30 глаз/пациентов с прогрессирующим КК 1-й стадии. Прогрессирование заболевания определяли как увеличение максимальной преломляющей силы роговицы более чем на 1 дптр, и/или уменьшение минимальной толщины роговицы более чем на 5 %, и/или снижение максимально скорректированной остроты зрения более чем на 1 строку при двух последовательных измерениях в течение 12 месяцев [11].

Средний возраст пациентов на момент операции составил 33,0 (27,0; 36,5) года. Всем пациентам была проведена одномоментная трансэпителиальная фоторефракционная кератэктомия (транс-ФРК) с акселерированным УФ-КРК. Местную анестезию выполняли путем двукратной инстилляцией oxibuprocaine hydrochloride 4 %, Inno-cain® (Sentiss, Индия), операционное поле обрабатывали стерильным марлевым тампоном, смоченным в растворе повидон-йода 5 и 10 % двукратно (Betadine®, Венгрия), с последующей инстилляцией антисептика (Sol. Picloxudini 0,05 %, Vitabact, Théa Laboratories, Франция) в конъюнктивальную полость. После обработки операционное поле укрывали стерильной одноразовой простыней.

Перед установкой векорасширителя ресницы изолировали самоклеящимися полимерными пленками.

Комбинированная операция проводилась в 2 этапа. На первом этапе выполняли транс-ФПК на эксимерлазерной установке SCHWIND AMARIS 1050RS (SCHWIND eye-tech-solutions, Германия). Зону абляции центрировали относительно зрительной оси пациента. Диаметр оптической зоны задавали с учетом диаметра зрачка в скотопических условиях в диапазоне 5,5–6,5 мм так, чтобы не превышать безопасную планируемую глубину абляции 50 мкм. Для минимизации глубины абляции применяли программный алгоритм выключения из протокола лазерного лечения aberrаций высшего порядка, незначительно влияющих на качество зрения. Асферический профиль абляции в соответствии с расчетами наносили с помощью эксимерного лазера по принципу «летающего пятна» с частотой следования импульсов 1050 Гц. Затем наносили рефракционно-нейтральный профиль, соответствующий запланированной толщине эпителия.

Второй этап операции начинался непосредственно после транс-ФПК с инстилляций на поверхность роговицы раствора рибофлавина мононуклеотида 0,1 % и декстрана «Декстралинк» 20 % (ГБУ «Уф НИИ ГБ АН РБ», Уфа) каждые 2 минуты в течение 30 минут. Затем роговицу подвергали УФ-облучению (длина волны 365 ± 5 нм) с помощью системы CXL-356 vario (SCHWIND eye-tech-solutions, Германия), интегрированной в эксимерлазерную установку. Экспозиция УФ-излучения с плотностью мощности 9 мВт/см^2 длилась 10 минут, в течение которых один раз каждую минуту инстиллировали рибофлавин.

Операция завершалась инъекцией дексаметазона (0,4 % — 0,5 мл) под конъюнктиву, установлением силикон-гидрогелевой мягкой контактной линзы и наложением асептической монокулярной повязки.

До достижения полной эпителизации роговицы реабилитация пациентов заключалась в ношении МКЛ, инстилляционной антибактериальной (Sol. Tobramycini 0,3 %, Tobrex®, Alcon-Couvreur, Бельгия) и слезозаместительной (Sol. Natrii hyaluronas 0,2 %, Hylomax-Comod®, Ursapharm Arzneimittel GmbH, Германия) терапии. По завершении эпителизации (сроком $3,25 \pm 1,3$ дня) МКЛ снимали, и пациенты получали терапию, включающую инстилляцию топического стероида (Sol. Dexamethasoni 0,1 %, Maxidex®, Alcon-Couvreur, Бельгия) по убывающей схеме в течение 3 месяцев и 3 недель, а также гипотензивного (Sol. Brinzolamidi 0,1 % + Sol. Timololi maleati 0,5 %, Azarga®, Alcon-Couvreur, Бельгия, одновременно со стероидной терапией), иммуносупрессивного (Cyclosporine 0.05 %, Restasis®, Allergan, США, в течение 6 месяцев) и слезозаместительного (Sol. Natrii hyaluronas 0,2 %, Hylomax-Comod®, Ursapharm Arzneimittel GmbH, Германия) препаратов до 12 месяцев после операции.

Всем пациентам проводились клинико-функциональные исследования в динамике: до и на сроках 1, 6 и 12 месяцев после лечения. Для изучения морфологических

особенностей роговицы в динамике помимо стандартных методов обследования были проведены ЛСКМ, оптическая когерентная томография (ОКТ) и Шеймпflugденситометрия роговицы.

В данной публикации рассмотрены данные *in vivo* ЛСКМ, которая проводилась на аппарате HRT3-RCM (Heidelberg Engineering GmbH, Германия). Размер исследуемой зоны — 400×400 мкм, скорость получения изображений — 30 кадров/сек. Послойно исследовали морфологические особенности промежуточного и базального слоя эпителия, СНС, передних, средних и задних слоев стромы и эндотелия.

В динамике проводили сканирование и анализ суммарной, средней, минимальной и максимальной длины суббазальных нервных волокон, а также плотность СНС. Полученные изображения загружали в программу Fiji Image-J для анализа участков роговицы, содержащих НВП [12]. Далее, как показано на рисунке 1, маркером выделяли протяженность каждого нервного волокна и благодаря встроенной опции length calculator получали показатель изучаемой длины каждого нервного волокна в мм. Затем суммировали показатели длины каждого нервного волокна и проводили расчет плотности СНС в мм/мм^2 по формуле, представленной в патенте на изобретение RU 2824430.

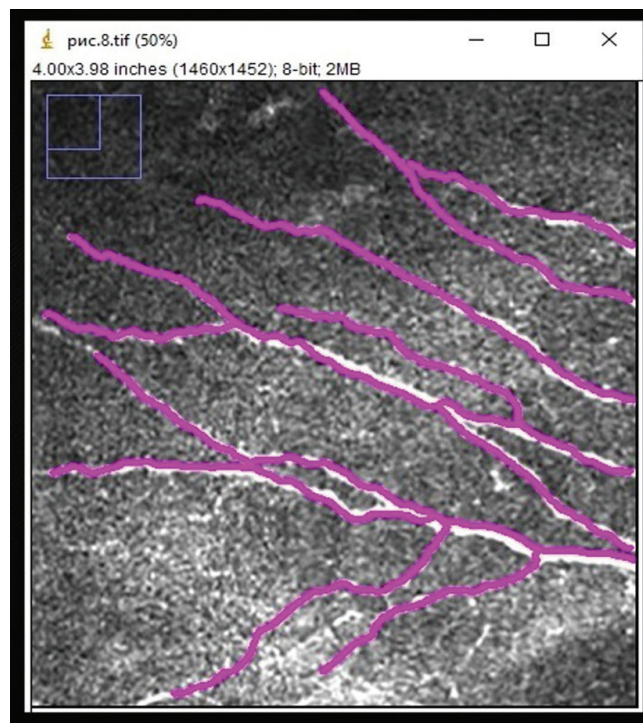


Рис. 1. Пример интерфейса программы Image-J во время обработки конфокальной сканограммы роговицы пациента Р., 32 лет, через 12 месяцев после транс-ФПК + КПК

Fig. 1. Example of the Image-J interface during confocal scan processing of the cornea in patient R., 32 years old, 12 months after transepithelial photorefractive keratectomy + corneal collagen crosslinking (trans-PRK + CXL)

Для проведения статистического анализа данные вносили в электронную таблицу Microsoft Excel 2010 (Microsoft, США). Статистическую обработку данных проводили с использованием языка программирования Python 3, библиотек Pandas, SciPy и редактора кода Visual Studio Code (Microsoft, США). Характер распределения данных оценивали с помощью критерия Шапиро — Уилка. Сравнение данных до и после лечения выполняли с использованием критерия Вилкоксона. Данные представлены в формате Me (Q1; Q3), где Me — медиана, Q1, Q3 — нижний и верхний квартили, а также в виде абсолютных значений и процентов. Статистически значимыми признавали различия при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

У всех пациентов послеоперационный период протекал без осложнений. Средний срок полной эпителизации роговицы после процедуры составил $3,25 \pm 1,3$ дня. Динамику морфологических изменений роговицы оценивали на сроках 1, 6 и 12 месяцев после транс-ФРК и УФ-КРК.

На рисунке 2 представлена морфология различных слоев роговицы в норме и при КК до и после проведенного лечения в указанные сроки.

Предоперационная ЛСКМ роговицы в исследуемой группе выявила структурные изменения, характерные для КК I стадии (рис. 2, А1–Е1). Со стороны эпителия

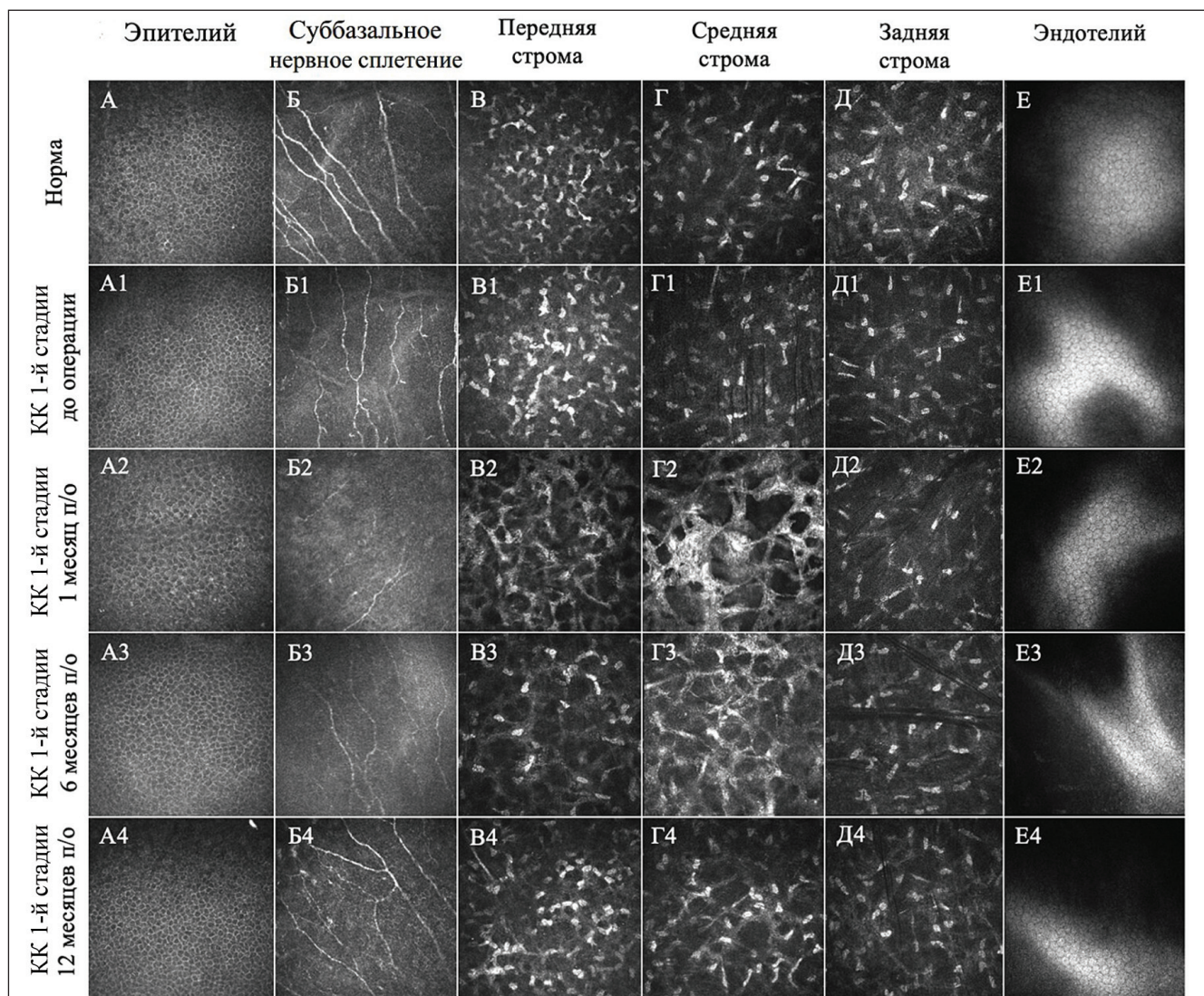


Рис. 2. Конфокальные сканограммы роговицы (HRT3-RCM) в норме (А–Е), а также у пациента Р. с КК I-й стадии до операции транс-ФРК + КРК (А1–Е1) и через 1 (А2–Е2), 6 (А3–Е3), 12 (А4–Е4) месяцев после нее

А–Е — нормальная микроскопическая картина роговицы: А — базальный эпителий представлен клетками с гиперрефлексивными ядрами и неоднородной цитоплазмой; Б — СНС в виде гиперрефлексивных разветвленных линий; В — в передней строме визуализируются гиперрефлексивные ядра кератоцитов; Г — в средней строме плотность кератоцитов меньше по сравнению с передней; Д — задняя строма также представлена гиперрефлексивными ядрами кератоцитов; Е — эндотелий представлен гексагональными клетками с темными границами и светлой цитоплазмой.

A1–E1 — конфокальные сканограммы пациента с НК 1-й стадии: А1 — базальный эпителий: границы клеток менее четкие по сравнению с нормой; Б1 — плотность СНС снижена, единичные клетки Лангерганса; В1 — передняя строма: активированные гиперрефлективные кератоциты неправильной формы, плотность кератоцитов снижена; Г1 — средняя строма: сниженная плотность кератоцитов; Д1 — задняя строма: плотность кератоцитов снижена, определяются вертикально ориентированные кератоциты; Е1 — эндотелий не изменен.

A2–E2 — пациент с НК 1-й стадии через один месяц после операции: А2 — единичные гиперрефлективные точечные включения в базальном эпителии (воспалительные клетки); Б2 — плотность СНС резко снижена; В2–Г2 — в передней и средней стромах ячеистая структура, симптом «пчелиных сот»; Д2 — задняя строма: изменения после операции отсутствуют; Е2 — эндотелий не изменен.

A3–E3 — пациент с НК 1-й стадии через 6 месяцев после лечения: А3 — в зоне базального эпителия воспалительные элементы не обнаруживаются; Б3 — плотность СНС увеличивается по сравнению с 1-м месяцем наблюдения; В3–Г3 — в передней и средней стромах сохраняется ячеистая структура, прозрачность повышается; Д3 — в задней строме изменения после операции отсутствуют; Е3 — эндотелий не изменен.

A4–E4 — пациент с НК 1-й стадии через 12 месяцев после операции: А4 — в зоне базального эпителия воспалительные элементы не обнаруживаются; Б4 — плотность СНС увеличивается по сравнению с 1-м и 6-м месяцем наблюдения; В4–Г4 — в передней и средней стромах признаки послеоперационного отека регрессировали, визуализируются гиперрефлективные ядра кератоцитов, отмечено повышение прозрачности экстрацеллюлярного матрикса; Д4–Е4 — задняя строма и эндотелий после операции не изменены.

Fig. 2. Confocal scans (HRT3-RCM) of the normal cornea (A–E) and in patient R. with stage 1 keratoconus (KC) before trans-PRK + CXL (A1–E1) and at 1 (A2–E2), 6 (A3–E3), 12 (A4–E4) months postoperatively.

A–E — normal microscopic images of the cornea: A — the basal epithelium is represented by cells with hyper-reflective nuclei and heterogeneous cytoplasm; Б — sub-basal nerve plexus (SBNP) as hyper-reflective branched lines; В — hyper-reflective keratocyte nuclei are visualised in the anterior stroma; Г — keratocyte density is lower in the middle stroma compared to the anterior stroma; Д — the posterior stroma is also represented by hyper-reflective keratocyte nuclei; Е — the endothelium is represented by hexagonal cells with dark borders and light cytoplasm.

A1–E1 — confocal scans of the patient with stage 1 KC: А1 — basal epithelium: more blurring cells' borders compared to the normal ones; Б1 — reduced SBNP density, isolated Langerhans cells; В1 — anterior stroma: activated hyper-reflective irregular-shaped keratocytes, reduced keratocyte density; Г1 — middle stroma: reduced keratocyte density; Д1 — posterior stroma: keratocyte density is reduced, vertically oriented keratocytes are detected; Е1 — no changes in the endothelium.

A2–E2 — patient with stage 1 KC at 1 month postoperatively: А2 — isolated hyper-reflective punctate inclusions in the basal epithelium (inflammatory cells); Б2 — SBNP density is sharply reduced; В2–Г2 — honeycomb-type structure in the anterior and middle stroma; Д2 — posterior stroma: no changes after the surgery; Е2 — no changes in the endothelium.

A3–E3 — patient with stage 1 KC at 6 months postoperatively: А3 — no inflammatory elements detected in the basal epithelium; Б3 — SBNP density increased compared to 1-month post-op examination; В3–Г3 — preserved honeycomb-type structure in the anterior and middle stroma; transparency increased; Д3 — no changes in the posterior stroma after surgery; Е3 — no changes in the endothelium.

A4–E4 — patient with stage 1 KC at 12 months postoperatively. А4 — no inflammatory elements detected in the basal epithelium; Б4 — SBNP density increased compared to 1 and 6-months post-op examination; В4–Г4 — regressed signs of postoperative edema in the anterior and middle stroma, hyperreflective keratocyte nuclei are visualized, increased transparency of the extracellular matrix is noted; Д4–Е4 — no changes in the posterior stroma and endothelium after the surgery.

роговицы наблюдали явления эпителиопатии (23 % случаев) со ступенчатостью границ, наличие гиперрефлексирующих клеток, а также нарушение межклеточных контактов. В строме роговицы в 76 % случаев определяли снижение количества суббазальных нервных волокон и их укорочение, в 93 % случаев — наличие активированных гиперрефлективных кератоцитов. В задних слоях строма визуализировали вертикально ориентированные кератоциты и микрострии (60 и 26 % случаев соответственно), являющиеся результатом изменений микроструктуры и ортогональной ориентации коллагеновых фибрилл. Эндотелий роговицы имел вид монослоя гексагональных клеток с четкими границами без выраженных изменений, в 16 % случаев наблюдали увеличение эффекта светоотражения от эктатически измененной роговицы.

Через 1 месяц после операции (рис. 2, А2–Е2) в большинстве случаев (83 %) отмечали явления эпителиопатии различной степени выраженности: десквамация поверхностных эпителиоцитов, выраженный полиморфизм клеток базального эпителия, появление гиперрефлективных клеток в связи с повышением их метаболической активности. Под эпителием у 6 пациентов (20 % случаев) обнаружена гиперрефлективная аморфная

структура, которая, вероятно, являлась морфологическим субстратом субэпителиальной фиброплазии. В области эпителиально-стромального интерфейса в 14 случаях (46 %) были зафиксированы тонкие и короткие нервные волокна роговицы (НВР), что указывало на начало реиннервации волокон. Во всех случаях наблюдали изменения архитектоники передней и средней строма роговицы, которая приобретала сетчатую структуру в виде «пчелиных сот» вследствие апоптоза кератоцитов и формирования лакунарного отека. У всех пациентов визуализировали зону перехода от гипоцеллюлярных слоев к слоям с нормальной плотностью кератоцитов — демаркационную линию (ДЛ). Средняя глубина ее залегания, по данным ЛСКМ, составила $205,2 \pm 26,5$ мкм. Задние слои строма и эндотелий были интактными.

К 6-му месяцу после операции (рис. 2, А3–Е3) явления эпителиопатии снизились до 36 % случаев, уменьшилось количество гиперрефлективных эпителиоцитов. Интенсивность субэпителиальной гиперрефлективной структуры постепенно уменьшалась в динамике. В 93 % случаев наблюдали частичную регенерацию суббазальных нервов в передней строме: плотность СНС возросла до 39 % от дооперационных значений. Отмечена

начальная репопуляция передних и средних слоев стромы активированными кератоцитами (17 и 10 % случаев соответственно). Выраженность сотовидного лакунарного отека значительно снизилась, однако у всех пациентов по-прежнему визуализировали сетчатую структуру стромы.

Через 12 месяцев после операции (рис. 2, А4–Е4) было зафиксировано восстановление большинства структурных элементов роговицы. Границы клеток базального эпителия стали более отчетливыми. У всех пациентов наблюдали повышение прозрачности и оптической од-

нородности субэпителиальных слоев стромы и практически полную поверхностную реиннервацию роговицы, плотность СНС восстановилась на 82 % от исходных данных. Количество и длина суббазальных нервов и их ветвей значительно увеличились: длинные утолщенные нервные волокна обнаружены у всех пациентов, их суммарная длина возросла до 80,5 % от дооперационных значений. В передней и средней стромах регрессировали признаки лакунарного отека, замещаясь дифференцированными клеточными элементами: ядра кератоцитов визуализировали во всех случаях в передних слоях стромы и в 97 % случаев — в средних. Изменения в задней строме и эндотелии после операции по-прежнему отсутствовали.

Таким образом, у всех пациентов в ходе нашего исследования послеоперационные морфологические изменения роговицы ограничивались передней и средней стромами (до 300 мкм), не затрагивая ее задние слои и эндотелий. К концу годового срока наблюдения ультраструктура роговицы практически полностью восстановилась до исходного состояния.

Результаты обработки и анализа конфокальных сканогамм в программе Image-J, отраженные в таблице 1, показали достоверное снижение всех значений длины НВР и плотности СНС через 1 месяц после транс-ФРК + КРК ($p < 0,05$, критерий Вилкоксона). В дальнейшем отмечена тенденция к постепенному повышению всех показателей (суммарной, средней, минимальной и максимальной длины НВР, плотности СНС), хотя к годовому сроку наблюдения только показатели минимальной длины НВР достигли дооперационных значений ($p > 0,05$, критерий Вилкоксона). На сроке 12 месяцев после транс-ФРК + КРК плотность СНС составляла $80,5 \pm 5,7$ %, а суммарная длина НВР — $82 \pm 4,9$ % от исходных данных. Несмотря на то что первоначальная картина иннервации роговицы к данному сроку не восстанавливалась, такая динамика указывает на активный процесс регенерации СНС, начальные признаки которой были зафиксированы на ЛСКМ через один месяц после операции.

ОБСУЖДЕНИЕ

К настоящему времени в литературе приведено немало данных о характере структурных изменений роговицы после изолированного проведения как УФ-КРК, так и лазерного рефракционного воздействия, в частности ФРК [4, 6, 7, 13]. Однако лишь в единичных публикациях представлены данные по морфологии роговицы *in vivo* после комбинации ФРК (стандартной и трансэпителиальной) с КРК по Дрезденскому протоколу в различные сроки наблюдения [14, 15]. Описанные в данных работах морфологические изменения являются следствием эксимерлазерного испарения роговичной ткани и сочетанного воздействия на нее УФ-излучения и аналогичны таковым в нашем исследовании, а именно: апоптоз кератоцитов в передней и средней стромах, лакунарный отек по типу «пчелиных сот», а также значительное снижение

Таблица 1. Динамика показателей длины суббазальных НВР и плотности СНС по данным ЛСКМ

Table 1. Dynamics of sub-basal corneal nerve fiber length (CNFL) and SBNP density parameters according to *in vivo* confocal microscopy

Показатель Parameter	Срок наблюдения Follow-up period	Me (Q25; Q75)	P-уровень значимости (сравнение с данными до лечения, критерий Вилкоксона) P-value (comparison to preoperative data, Wilcoxon test)
Суммарная длина нервных волокон (мм) Total CNFL (mm)	До операции Preoperatively	1,85 (1,59; 2,23)	—
	1 месяц после операции 1 month postoperatively	0,35 (0,22; 0,59)	0,000
	6 месяцев после операции 6 months postoperatively	0,72 (0,55; 0,97)	0,000
	12 месяцев после операции 12 months postoperatively	1,49 (1,07; 1,91)	0,000
Средняя длина нервных волокон (мм) Mean CNFL (mm)	До операции Preoperatively	0,25 (0,2; 0,29)	—
	1 месяц после операции 1 month postoperatively	0,13 (0,1; 0,17)	0,000
	6 месяцев после операции 6 months postoperatively	0,18 (0,16; 0,23)	0,000
	12 месяцев после операции 12 months postoperatively	0,22 (0,16; 0,29)	0,037
Минимальная длина нервных волокон (мм) Minimum CNFL (mm)	До операции Preoperatively	0,10 (0,06; 0,15)	—
	1 месяц после операции 1 month postoperatively	0,07 (0,03; 0,10)	0,002
	6 месяцев после операции 6 months postoperatively	0,11 (0,05; 0,14)	0,339
	12 месяцев после операции 12 months postoperatively	0,10 (0,07; 0,15)	0,895
Максимальная длина нервных волокон (мм) Maximum CNFL (mm)	До операции Preoperatively	0,44 (0,35; 0,48)	—
	1 месяц после операции 1 month postoperatively	0,17 (0,14; 0,25)	0,000
	6 месяцев после операции 6 months postoperatively	0,27 (0,22; 0,33)	0,000
	12 месяцев после операции 12 months postoperatively	0,36 (0,32; 0,44)	0,006
Плотность СНС (мм/мм ²) SBNP density (mm/mm ²)	До операции Preoperatively	11,38 (9,55; 13,98)	—
	1 месяц после операции 1 month postoperatively	1,94 (1,35; 4,28)	0,000
	6 месяцев после операции 6 months postoperatively	4,46 (3,12; 6,72)	0,000
	12 месяцев после операции 12 months postoperatively	9,34 (6,57; 11,10)	0,000

параметров суббазальной иннервации роговицы в первые месяцы после операции с последующим восстановлением. В то же время исследования отличаются рядом важных нюансов, определяемых различиями в методиках проведения вмешательства.

Одним из дискуссионных аспектов комбинированных вмешательств остается глубина развития морфологических изменений в строме роговицы. Так, G. Kymionis описывал появление «заднего стромального помутнения» в супраэндотелиальных слоях роговицы (глубиной около 400 мкм) после одномоментного выполнения стандартной ФРК с КРК по Дрезденскому протоколу [15]. Позже G. Alessio отметил на конфокальных сканограммах более поверхностное расположение зон гиперрефлективности стромы роговицы после комбинации транс-ФРК с КРК, а именно на границе между средними и задними слоями стромы, при этом последние оставались интактными [14]. В нашем исследовании изменения в виде гиперрефлективности и лакунарного отека стромы не превышали глубину 300 мкм, что указывает на преимущественное вовлечение передних и средних слоев роговицы.

Противоречивые результаты могут быть обусловлены различиями в критериях отбора пациентов, применяемой диагностической и хирургической аппаратуре, способах дезэпителизации, типах и глубине эксимерлазерной абляции, концентрациях и способах доставки фотосенсибилизатора в строму, а также в параметрах ультрафиолетового облучения. Более поверхностная глубина клеточных изменений связана с использованием нами ускоренного КРК, при котором фотохимическое воздействие локализуется в передне-средних слоях стромы без вовлечения глубоких слоев и эндотелия роговицы вследствие сокращения времени экспозиции (за счет увеличения мощности УФ-излучения) и ограниченной диффузии кислорода и рибофлавина [16–19]. Поэтому мы рассматриваем акселерированный протокол КРК как более безопасный для роговицы после ее поверхностной абляции [16]. Более того, применение рибофлавина в качестве фотосенсибилизатора в сочетании с декстраном обеспечивало дополнительный УФ-протекторный эффект за счет образования устойчивой прекорнеальной пленки, что было экспериментально подтверждено в сравнении с инстилляциями водного раствора рибофлавина [20].

Широкое применение эксимерлазерных кераторефракционных вмешательств, в частности ФРК, предполагающей абляцию поверхностных слоев роговицы с вовлечением ее нервных сплетений, дало толчок ряду исследований, касающихся оценки изменений НВР с помощью конфокальной микроскопии [7, 13]. Первые исследования показали, что регенерация СНС в центральной зоне роговицы после ФРК начинается через 4–6 недель после операции и завершается в период от 6 до 12 месяцев, однако первоначальная структура нервов не имеет тенденции к полному восстановлению [21]. Согласно более поздним источникам

степень регенерации суббазальных нервов составляет почти 50 % через 6–8 месяцев после ФРК и приближается к 90 % через 2 года наблюдения [22, 23]. Известно, что УФ-КРК в сочетании с эксимерлазерной абляцией замедляет регенерацию нервных структур роговицы, поскольку приводит к апоптозу кератоцитов как одного из источников нейротрофического фактора роста (nerve growth factor (NGF), участвующего в регенерации и дифференцировке нейронов [24]. Так, G. Alessio сообщил о неполной репопуляции кератоцитов в передней и средней строме даже спустя 4 года после процедуры ФРК + КРК. При этом автор зафиксировал первые признаки регенерации СНС на сроке 6 месяцев после операции, а полное восстановление его морфологической структуры — лишь к концу 4-летнего срока наблюдения [14].

В настоящем исследовании поверхностные нервы в виде тонких коротких пучков визуализировались уже через 1 месяц после транс-ФРК + КРК в 14 глазах из 30 (46 % случаев), что соответствует срокам начальной реиннервации [21]. Важным клиническим аспектом является достижение практически полного восстановления структуры и регенерации СНС (на $80,5 \pm 5,7$ % от исходного уровня) уже к первому году после операции, несмотря на суммирование УФ и эксимерлазерного воздействия на роговицу [13, 22]. Имеется также сообщение о морфологических изменениях роговицы после транс-ФРК у пациентов с ранее стабилизированным КК методом КРК, когда поверхностные нервы визуализировались лишь в 34 % случаев на сроке 12 месяцев после операции [25].

Авторы объясняют это более медленным течением процесса реиннервации после неоднократных хирургических вмешательств, что является одним из аргументов в пользу одномоментного применения транс-ФРК + КРК. Преимуществом такого алгоритма перед этапным хирургическим лечением, по мнению A.J. Kanellopoulos (2009), является снижение риска развития выраженной субэпителиальной фиброплазии («хейза» степени $\geq 2,0$), что обусловлено исключением фазы незавершенных репаративных процессов стромы между процедурами. Автор объясняет это тем, что дополнительное воздействие на роговицу эксимерным лазером при наличии в строме молодых активированных кератоцитов, заполнивших ацеллюлярную зону после КРК, может индуцировать избыточный фибропластический ответ [26]. И хотя полное восстановление роговицы на клеточном уровне в большинстве случаев диагностируется к 12 месяцам после КРК, имеются сведения о неполной репопуляции стромы кератоцитами вплоть до 36 месяцев [27].

Таким образом, результаты *in vivo* ЛСКМ показали, что одномоментная транс-ФРК в сочетании с акселерированным КРК при 1-й стадии КК не сопровождается развитием стойких неблагоприятных морфологических изменений роговицы. Через 6 месяцев после операции отмечали частичную репопуляцию кератоцитов

и реиннервацию роговицы, а к 12 месяцам — почти полное восстановление ее структуры с постепенным увеличением длины и плотности суббазальных НВР.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одномоментное проведение транс-ФРК и акселерированного КРК у пациентов с КК 1-й стадии приводит к выраженным, но обратимым изменениям эпителия, передних и средних слоев стромы роговицы, а также к транзитному снижению плотности СНС. Морфологически к 12 месяцам после операции наблюдали почти полную реиннервацию и восстановление клеточной структуры роговицы, что свидетельствует о сохранении ее репаративного потенциала.

Однако для комплексной оценки безопасности комбинированного вмешательства с позиции долговременной

прозрачности и структурно-функциональной сохранности роговицы целесообразно провести дополнительный анализ данных ОКТ и Шеймпфлюг-денситометрии, чему будет посвящена следующая публикация.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Измайлова С.Б. — существенный вклад в концепцию и дизайн работы, сбор, анализ и обработка материала, написание текста, редактирование, окончательное утверждение версии, подлежащей публикации;
Малюгин Б.Э. — существенный вклад в концепцию и дизайн работы, редактирование, окончательное утверждение версии, подлежащей публикации;
Исмаилова З.М. — существенный вклад в концепцию и дизайн работы, сбор, анализ и обработка материала, статистическая обработка данных, написание текста, редактирование;
Таевере М.Р. — сбор, анализ и обработка материала, статистическая обработка данных, написание текста, редактирование;
Захарова И.А. — редактирование, окончательное утверждение версии, подлежащей публикации;
Калининникова С.Ю. — написание текста; редактирование.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Малюгин БЭ, Шпак АА. Современные методы визуализации переднего отрезка глаза. М.: Офтальмология; 2023:128. Malyugin BE, Shpak AA. Modern methods of visualization of the ocular anterior segment. Moscow: Ophthalmology; 2023:128. (In Russ.).
- Егорова ГВ, Федоров АА, Новиков ИА. Морфологические изменения при кератоконусе: интерпретация результатов конфокальной микроскопии роговицы. Современные технологии в медицине. 2018;10(3):130–138. Egorova GB, Fedorov AA, Novikov IA. Morphological changes in keratoconus: interpretation of corneal confocal microscopy findings. Modern technologies in medicine. 2018;10(3):130–138 (In Russ.). doi: 10.17691/stm2018.10.3.16.
- Mazzotta C, Hafezi F, Kymionis G, Caragiuli S, Jacob S, Traversi C, Barabino S, Randleman JB. In Vivo Confocal Microscopy after Corneal Collagen Crosslinking. Ocul Surf. 2015 Oct;13(4):298–314. doi: 10.1016/j.jtos.2015.04.007.
- Аветисов СЭ, Бубнова ИА, Сурнина ЗВ, Аверич ВВ, Саркисова КГ. Изменение структуры роговицы после применения кроссликинга роговичного коллагена при кератоконусе. Медицинский совет. 2022;16(6):226–233. Avetisov SE, Bubnova IA, Surnina ZV, Averich VV, Sarkisova KG. Changes in cornea structure after corneal collagen crosslinking in keratoconus. Meditsinskiy Sovet (Medical Council). 2022;16(6):226–233 (In Russ.). doi: 10.21518/2079-701X-202216-6-226-233.
- Wollensak G, Herbst H. Significance of the lacunar hydration pattern after corneal cross linking. Cornea. 2010 Aug;29(8):899–903. doi: 10.1097/ICO.0b013e3181ca3293.
- Teo AWJ, Mansoor H, Sim N, Lin MT, Liu YC. In Vivo Confocal Microscopy Evaluation in Patients with Keratoconus. J Clin Med. 2022 Jan 13;11(2):393. doi: 10.3390/jcm11020393.
- Аветисов СЭ, Тюрина АА, Сурнина ЗВ. Состояние нервных волокон роговицы после лазерных кераторефракционных операций. Вестник офтальмологии. 2019;135(1):112–116. Avetisov SE, Tyurina AA, Surnina ZV. Condition of corneal nerve fibers after laser keratorefractive surgery. The Russian Annals of Ophthalmology. 2019;135(1):112–116 (In Russ.). doi: 10.17116/oftalma201913501112.
- Бикбов ММ, Халимов АР, Усубов ЭЛ. Ультрафиолетовый кросслинкинг роговицы. Вестник РАМН. 2016;71(3):224–232. Bikbov MM, Khalimov AR, Usubov EL. Ultraviolet Corneal Crosslinking. Annals of Russian academy of medical sciences. 2016;71(3):224–232 (In Russ.). doi: 10.15690/vramn562.
- Измайлова СБ, Малюгин БЭ, Сахнов СН, Комарова ОЮ, Яркин ДА, Малышев ИС. Десятилетний опыт применения оригинального алгоритма хирургического лечения пациентов с начальными стадиями кератоконуса. Офтальмохирургия. 2021;3:28–39. Izmailova SB, Malyugin BE, Sahnov SN, Komarova OYu, Yarkin DA, Malyshev IS. Ten years of experience in applying an original algorithm for surgical treatment of patients with the initial stages of keratoconus. Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery. 2021;3:28–39 (In Russ.). doi: 10.25276/0235-4160-2021-3-28-39.
- Niazi S, Doroodgar F, Hashemi Nazari S, Rahimi Y, Alió Del Barrio JL, Gatzidoufas Z, Findl O, Vinciguerra P, Vinciguerra R, Moshirfar M, Ambrósio R Jr, Alió JL. Refractive surgical approaches to keratoconus: A systematic review and network meta-analysis. Surv Ophthalmol. 2024 Sep-Oct;69(5):779–788. doi: 10.1016/j.surphthal.2024.04.008.
- Henriquez MA, Larco C, Izquierdo L Jr. Definition of Progressive Keratoconus: A Systematic Review. Cornea. 2025 Nov 1;44(11):1341–1351. doi: 10.1097/ICO.0000000000003777.
- Schindelin J, Arganda-Carreras I, Frise E, Kaynig V, Longair M, Pietzsch T, Preibisch S, Rueden C, Saalfeld S, Schmid B, Tinevez JY, White DJ, Hartenstein V, Eliceiri K, Tomancak P, Cardona A. Fiji: an open-source platform for biological-image analysis. Nat Methods. 2012 Jun 28;9(7):676–682. doi: 10.1038/nmeth.2019.
- Cruzat A, Qazi Y, Hamrah P. In Vivo Confocal Microscopy of Corneal Nerves in Health and Disease. Ocul Surf. 2017 Jan;15(1):15–47. doi: 10.1016/j.jtos.2016.09.004.
- Alessio G, L'Abbate M, Furino C, Sborgia C, La Tegola MG. Confocal microscopy analysis of corneal changes after photorefractive keratectomy plus cross-linking for keratoconus: 4-year follow-up. Am J Ophthalmol. 2014 Sep;158(3):476–484.e1. doi: 10.1016/j.ajo.2014.05.024.
- Kymionis GD, Portaliou DM, Diakonis VF, Kontadakis GA, Krasia MS, Papadiamantis AG, Coskunseven E, Pallikaris AI. Posterior linear stromal haze formation after simultaneous photorefractive keratectomy followed by corneal collagen cross-linking. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2010 Oct;51(10):5030–5033. doi: 10.1167/iov.09.5105.
- Shajari M, Kolb CM, Agha B, Steinwender G, Müller M, Herrmann E, Schmack I, Mayer WJ, Kohnen T. Comparison of standard and accelerated corneal cross-linking for the treatment of keratoconus: a meta-analysis. Acta Ophthalmol. 2019 Feb;97(1):e22–e35. doi: 10.1111/aos.13814.
- Малюгин БЭ, Измайлова СБ, Мерзлов ДЕ, Пронкина СА, Поручикова ЕП, Семьякин АЮ. Отдаленные результаты использования различных технологий УФ-кроссликинга у пациентов с прогрессирующим кератоконусом. Офтальмохирургия. 2015;4:42–49. Malyugin BE, Izmailova SB, Merzlov DE, Pronkina SA, Poruchikova EP, Semykin AYU. Long-term results of using various UV cross-linking technologies in patients with progressive keratoconus. Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery. 2015;4:42–49 (In Russ.).
- Ng AL, Chan TC, Cheng AC. Conventional versus accelerated corneal collagen cross-linking in the treatment of keratoconus. Clin Exp Ophthalmol. 2016 Jan-Feb;44(1):8–14. doi: 10.1111/ceo.12571.
- Spoerl E, Mrochen M, Sliney D, Trokel S, Seiler T. Safety of UVA-riboflavin cross-linking of the cornea. Cornea. 2007 May;26(4):385–389. doi: 10.1097/ICO.0b013e3180334f78.
- Бикбов ММ, Халимов АР. Молекулярно-клеточные механизмы ультрафиолетового кроссликинга роговицы. Точка зрения. Восток — Запад. 2021;4:48–54. Bikbov MM, Khalimov AR. Molecular and cellular mechanisms of ultraviolet crosslinking of the cornea. Point of view. East — West. 2021;4:48–54 (In Russ.). doi: 10.25276/2410-1257-2021-4-48-54.
- Møller-Pedersen T, Vogel M, Li HF, Petroll WM, Cavanagh HD, Jester JV. Quantification of stromal thinning, epithelial thickness, and corneal haze after photorefractive keratectomy using in vivo confocal microscopy. Ophthalmology. 1997 Mar;104(3):360–368. doi: 10.1016/s0161-6420(97)30307-8.
- Bandeira F, Yusoff NZ, Yam GH, Mehta JS. Corneal re-innervation following refractive surgery treatments. Neural Regen Res. 2019 Apr;14(4):557–565. doi: 10.4103/1673-5374.247421.
- Chang JY, Lin PY, Hsu CC, Liu CJ. Comparison of clinical outcomes of LASIK, Trans-PRK, and SMILE for correction of myopia. J Clin Med Assoc. 2022 Feb 1;85(2):145–151. doi: 10.1097/JCMA.0000000000000674.
- Ma K., Yan N., Huang Y., Cao G., Deng J., Deng Y. Effects of nerve growth factor on nerve regeneration after corneal nerve damage. Int J Clin Exp Med. 2014 Nov 15;7(11):4584–4589.
- Дуга АВ, Мушкова ИА, Кишкин ЮИ, Измайлова СБ, Бранчевская ЕС, Майчук НВ, Каримова АН. Конфокальная микроскопия в оценке морфологии роговицы после коррекции аметропии методом трансэпителиальной ФРК у пациентов со стабилизированным кератоконусом. Современные технологии в офтальмологии. 2014;3:126–129. Doga AV, Mushkova IA, Kishkin YuI, Izmailova SB, Branchevskaya ES, Maychuk NV, Karimova AN. Confocal microscopy in the evaluation of corneal morphology after ametropia correction using the transepithelial PRK method in patients with stabilized keratoconus. Modern technologies in ophthalmology. 2014;3:126–129 (In Russ.).
- Kanellopoulos AJ. Comparison of sequential vs same-day simultaneous collagen cross-linking and topography-guided PRK for treatment of keratoconus. J Refract Surg. 2009 Sep;25(9):812–818. doi: 10.3928/1081597X-20090813-10.
- Croxatto JO, Tytun AE, Argento CJ. Sequential in vivo confocal microscopy study of corneal wound healing after cross-linking in patients with keratoconus. J Refract Surg. 2010 Sep;26(9):638–645. doi: 10.3928/1081597X-20091111-01.

С.Б. Измайлова, Б.Э. Малюгин, З.М. Исмаилова, М.Р. Таевере, И.А. Захарова...

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Измайлова Светлана Борисовна
доктор медицинских наук, врач высшей категории, заведующая отделом
трансплантационной и оптико-реконструктивной хирургии переднего отрезка
глазного яблока
<https://orcid.org/0000-0002-3516-1774>

Малюгин Борис Эдуардович
доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН,
заслуженный деятель науки Российской Федерации,
заведующий кафедрой заболеваний роговицы
<https://orcid.org/0000-0001-5666-3493>

Исмаилова Зури Муслимовна
врач-офтальмолог, аспирант
<https://orcid.org/0009-0007-7503-2444>

Таевере Мариям Рамазановна
врач-офтальмолог, кандидат медицинских наук, научный сотрудник отдела
клинико-функциональной диагностики
<https://orcid.org/0000-0003-1013-6924>

Захарова Ирина Александровна
врач-офтальмолог отдела лазерной рефракционной хирургии,
кандидат медицинских наук, врач высшей категории
<https://orcid.org/0009-0001-6549-9549>

Калинникова Светлана Юрьевна
врач-офтальмолог, кандидат медицинских наук, научный сотрудник
лаборатории трансплантологии и клеточной биологии
<https://orcid.org/0000-0002-9109-2400>

ABOUT THE AUTHORS

Izmailova Svetlana B.
MD, physician of the highest category, head of the Anterior Segment Transplant
and Optical Reconstructive Surgery Department
<https://orcid.org/0000-0002-3516-1774>

Malyugin Boris E.
MD, Professor of Ophthalmology, Corresponding Member of RAS,
Honored Scientist of Russia, head of Cornea and External Diseases Division
<https://orcid.org/0000-0001-5666-3493>

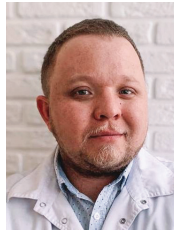
Ismailova Zuri M.
ophthalmologist, postgraduate
<https://orcid.org/0009-0007-7503-2444>

Taevere Mariam R.
ophthalmologist, PhD, researcher at the Clinical
and Functional Diagnostics Department
<https://orcid.org/0000-0003-1013-6924>

Zakharova Irina A.
ophthalmologist of the Laser Refractive Surgery Department,
PhD, doctor of the highest category
<https://orcid.org/0009-0001-6549-9549>

Kalinnikova Svetlana Yu.
ophthalmologist, PhD, researcher at the Transplantology
and Cell biology Laboratory
<https://orcid.org/0000-0002-9109-2400>

Оценка влияния продолжительности эндоиллюминации на функциональные результаты и безопасность витреоретинальной хирургии



Р.Р. Ямгутдинов^{1,3} Т.Р. Мухамадеев¹
Р.Т. Мухамадеева¹, Д.А. Урумов²

¹ ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. Ленина, 3, Уфа, 450008, Российская Федерация

² Институт клинической медицины им. Н.В. Склифосовского ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. Большая Пироговская, 2, стр. 4, Москва, 119435, Российская Федерация

³ ГБУЗ РБ «Городская клиническая больница № 8»
ул. 40 лет Октября, 1, Уфа, 450112, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2026;23(1):84–90

Длительность эндоиллюминации рассматривается как потенциальный фактор риска фототоксического повреждения сетчатки во время витреоретинальных операций. Несмотря на широкое использование современных систем освещения, клинические данные о влиянии продолжительности эндоосвещения на функциональные результаты остаются ограниченными. **Цель:** определить влияние продолжительности эндоиллюминации на функциональные результаты и безопасность витреоретинальных операций. **Материалы и методы.** В исследование включены пациенты, перенесшие витреоретинальные операции по поводу макулярного отверстия ($n = 31$), отслойки сетчатки ($n = 48$) и эпиретинальной мембраны ($n = 25$). Оценивались длительность эндоиллюминации, исходная и послеоперационная максимальная корригированная острота зрения (МКОЗ), тип тампонады, а также особенности хирургической тактики. Статистический анализ включал построение многофакторных регрессионных моделей для выявления детерминант функциональных исходов. **Результаты.** Продолжительность эндоиллюминации не оказывала статистически значимого влияния на МКОЗ через 12 месяцев после операции ($p > 0,05$). Анатомический успех достигнут во всех случаях. На функциональные исходы достоверно влияли исходная острота зрения (в группе макулярного отверстия), тип тампонады и проведение комбинированной операции с фанкоэмульсификацией (в группе отслойки сетчатки) ($p < 0,05$). В группе эпиретинальной мембраны статистически значимых факторов не выявлено. **Заключение.** Полученные результаты свидетельствуют, что продолжительность эндоосвещения не оказывает значимого влияния на функциональные исходы витреоретинальной хирургии, в то время как ведущую роль сохраняют исходные анатомо-функциональные характеристики глаза и особенности хирургической тактики.

Ключевые слова: витреоретинальная хирургия, эндоосвещение, фототоксичность, макулярное отверстие, отслойка сетчатки, эпиретинальная мембрана

Для цитирования: Ямгутдинов Р.Р., Мухамадеев Т.Р., Мухамадеева Р.Т., Урумов Д.А. Оценка влияния продолжительности эндоиллюминации на функциональные результаты и безопасность витреоретинальной хирургии. *Офтальмология*. 2026;23(1):84–90. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-84-90>

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

Конфликт интересов отсутствует.



Evaluation of the Impact of Endoillumination Duration on Functional Outcomes and Safety in Vitreoretinal Surgery

R.R. Yamgutdinov^{1,2}, T.R. Mukhamadeev¹, R.T. Mukhamadeeva¹, D.A. Urumov²

¹ Bashkir State Medical University
Lenina str., 3, Ufa, 450008, Russian Federation

² The Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine, Sechenov University
Bolshaya Pirogovskaya str., 2, bld. 4, Moscow, 119435, Russian Federation

³ City Clinical Hospital № 8
40 Let Oktyabrya str., 1, Ufa, 450112, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2026;23(1):84–90

The duration of endoillumination is considered a potential risk factor for phototoxic retinal damage during vitreoretinal surgeries. Despite the widespread use of modern lighting systems, clinical data on the effect of endoillumination duration on functional outcomes remain limited. **Objective:** to evaluate the impact of endoillumination duration on functional outcomes and the safety of vitreoretinal surgery. **Patients and methods.** The study included patients who underwent vitreoretinal surgeries for macular holes ($n = 31$), retinal detachments ($n = 48$), and epiretinal membranes ($n = 25$). The duration of endoillumination, initial and postoperative best-corrected visual acuity (BCVA), type of tamponade, and features of the surgical technique were assessed. Statistical analysis involved multivariate regression models to identify determinants of functional outcomes. **Results.** The duration of endoillumination did not have a statistically significant effect on BCVA at 12 months after surgery ($p > 0.05$). Anatomical success was achieved in all cases. Functional outcomes were significantly influenced by initial visual acuity (in the macular hole group), type of tamponade, and performance of combined surgery with phacoemulsification (in the retinal detachment group) ($p < 0.05$). No statistically significant factors were identified in the epiretinal membrane group. **Conclusion.** The obtained results indicate that the duration of endoillumination does not significantly affect the functional outcomes of vitreoretinal surgery, while the primary role remains with the initial anatomical and functional characteristics of the eye and the features of the surgical technique.

Keywords: vitreoretinal surgery, endoillumination, phototoxicity, macular hole, retinal detachment, epiretinal membrane

For citation: Yamgutdinov R.R., Mukhamadeev T.R., Mukhamadeeva R.T., Urumov D.A. Evaluation of the Impact of Endoillumination Duration on Functional Outcomes and Safety in Vitreoretinal Surgery. *Ophthalmology in Russia*. 2026;23(1):84–90. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-84-90>

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

There is no conflict of interests.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Длительность и интенсивность эндоосвещения при витреоретинальных операциях традиционно рассматриваются как возможные факторы риска фототоксического повреждения сетчатки. Ряд экспериментальных и клинических работ показал, что интенсивность и спектральные характеристики источника света определяют уровень потенциальной фототоксичности, однако данные о влиянии времени экспозиции остаются противоречивыми. Исследования Т. Ach и соавт. (2008) и N. Fehler и соавт. (2023) продемонстрировали существенные различия в безопасных интервалах воздействия между различными системами освещения, что подчеркивает необходимость анализа реальных клинических условий [1, 2]. В то же время большинство публикаций посвящено оценке технических параметров источников света, тогда как связь между продолжительностью эндоиллюминации и функциональными результатами операций остается малоизученной. Учитывая широкое распространение микроинвазивных витреоретинальных технологий, вопрос безопасности и функциональных последствий длительного эндоосвещения приобретает особую значимость.

Цель: проанализировать влияние различной продолжительности эндоиллюминации на функциональные результаты и безопасность витреоретинальных операций.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

В исследование включены 104 пациента (75 женщин и 29 мужчин), оперированных по поводу витреоретинальной патологии: макулярное отверстие (МО) — 31 случай (29,8%), отслойка сетчатки (ОС) — 48 (46,2%) (срок давности до 1 месяца — 32, более 1 месяца — 16; с захватом макулярной зоны (macula-off) — 20, без захвата (macula-on) — 28), эпиретинальная мембрана (ЭРМ) — 25 (24,0%).

Медианный возраст пациентов составил: при макулярном отверстии — 65,0 [62,0; 71,5] года, отслойке сетчатки — 54,0 [41,0; 63,5] года, эпиретинальной мембраны — 66,0 [61,0; 72,0] года.

Перед операцией было проведено комплексное офтальмологическое обследование, включающее визометрию, тонометрию, биомикроскопию, офтальмоскопию, периметрию, ультразвуковое В-сканирование и спектральную оптическую когерентную томографию. У 19 пациентов (18,2%) хрусталик был прозрачным, неполное помутнение было выявлено у 58 человек

R.R. Yamgutdinov, T.R. Mukhamadeev, R.T. Mukhamadeeva, D.A. Urumov

Contact information: Yamgutdinov Rinat R. yamgrin@gmail.com

Evaluation of the Impact of Endoillumination Duration on Functional Outcomes and Safety...

(55,8 %), артефакция — у 27 (26,0 %). Операции выполнены одним хирургом по стандартной методике трехпортовой витрэктомии 25G, применяли тампонаду газо-воздушной смесью ($n = 69$), силиконовым маслом ($n = 17$), физиологическим раствором ($n = 16$), перфторорганическими соединениями ($n = 2$). В тех случаях, когда невозможно было провести витрэктомию по причине слабой визуализации, связанной с выраженным помутнением хрусталика, факоемульсификация с имплантацией ИОЛ проводилась непосредственно перед витрэктомией. Витрэктомию проводили также по другим причинам в 16 случаях в послеоперационный период в интервале наблюдения.

Источником эндовитреальной иллюминации выступала ксенонная лампа в системе Optimed Profi, обеспечивающая яркость в диапазоне 1600–16 000 кд/м², спектр излучения 400–800 нм с пиком в синей зоне (450–500 нм). Фильтр T720B блокирует ультрафиолет (<400 нм) и часть синего света (400–470 нм). Использовался световод (MicroVision Inc.) калибра 25 Ga, длиной 2 м, с углом освещения 80–90 градусов и конусом 30 градусов. При проведении операций яркость устанавливали на уровне 16 000 кд/м².

Функциональные результаты оценивали по максимальной корригированной остроте зрения (МКОЗ) на послеоперационных визитах (до 12 месяцев).

Статистическую обработку данных выполняли с использованием языка R (версия 4.4.2). Количественные переменные представлены в виде медианы и межквартильного размаха (Me [Q1; Q3]), категориальные — в виде абсолютных значений и процентов, сравнение групп — с использованием критерия Краскела — Уоллиса, а парные сравнения — критерия Манна — Уитни с поправкой Бонферрони, сравнение связанных выборок во времени — с использованием критерия Фридмана.

В качестве зависимой переменной считали МКОЗ через 12 месяцев после операции (выраженную в log-MAR, так как эта шкала обеспечивает линейность распределения данных и адекватность для параметрического моделирования (в отличие от десятичной шкалы)) [3, 4]. Для выявления факторов, влияющих на функциональные результаты, строили многофакторные линейные регрессионные модели для каждой группы заболеваний (МО,

ОС и ЭРМ). В модели включали предоперационные факторы (возраст, исходную остроту зрения, осевую длину глаза (ПЗО), статус хрусталика; для отслойки сетчатки — дополнительно срок отслойки с захватом макулярной зоны или без него, наличие пролиферативной витреоретинопатии (ПВР) и интраоперационные факторы (тип тампонады, комбинированная операция с факоемульсификацией)). Оценивали ключевые показатели модели: коэффициент детерминации R², скорректированный R² (Adj R²), общую значимость модели по F-критерию Фишера. Критический уровень статистической значимости принимался при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Во всех случаях операция была завершена успешно. Интра- и послеоперационные осложнения не наблюдались. Анатомически положительный исход достигнут у большинства пациентов: полное закрытие макулярных отверстий зафиксировано у 96,8 % пациентов; при ОС сетчатка прилежала у 95,8 % пациентов; эпиретинальные мембраны удалены, макулярная зона (эллипсоидная зона) восстановлена у 96 % пациентов. Данные сопоставимы с данными литературы [5–7].

Медианное время эндовитреального освещения в группе отслойки сетчатки оказалось наибольшим (59,0 [49,5; 71,0] минут), в группе макулярных отверстий — 41,0 [32,0; 53,5] минут, минимальным — в группе ЭРМ (33,5 [27,0; 48,0] минут). Различия по времени освещения между тремя группами были статистически значимыми ($\chi^2 = 28,6$, $p < 0,001$). При парных сравнениях установлено, что время освещения в группе ОС было достоверно выше по сравнению с группами МО ($p = 0,0016$) и ЭРМ ($p < 0,0001$). Различий между группами МО и ЭРМ не выявлено ($p = 0,1$).

Динамическое наблюдение показало статистически значимое улучшение максимальной корригированной остроты зрения во всех группах пациентов (табл. 1). По результатам критерия Фридмана, различия между временными точками оказались достоверными: у пациентов с макулярными отверстиями — $\chi^2 = 103,1$; $df = 7$; $p < 0,001$; при отслойке сетчатки — $\chi^2 = 78,0$; $df = 7$; $p < 0,001$; при эпиретинальной мембране — $\chi^2 = 58,6$; $df = 7$; $p < 0,001$. Наиболее выраженное увеличение

Таблица 1. Динамика максимальной корригированной остроты зрения до и после операции

Table 1. Dynamics of best-corrected visual acuity before and after surgery

Группа Group	До операции Pre-op	1 день Day 1	7 дней Day 7	30 дней Day 30	90 дней Day 90	180 дней Day 180	270 дней Day 270	360 дней Day 360
Макулярные отверстия Macular Holes ($n = 31$)	0,16 [0,09; 0,30]	0,01 [0,001; 0,10]	0,20 [0,04; 0,30]	0,30 [0,15; 0,50]	0,40 [0,20; 0,50]	0,40 [0,20; 0,50]	0,50 [0,25; 0,60]	0,50 [0,25; 0,60]
Отслойка сетчатки Retinal Detachment ($n = 48$)	0,10 [0,01; 0,70]	0,01 [0,005; 0,16]	0,20 [0,06; 0,50]	0,40 [0,20; 0,70]	0,50 [0,17; 0,80]	0,65 [0,20; 0,78]	0,60 [0,30; 0,78]	0,60 [0,40; 0,70]
Эпиретинальная мембрана Epiretinal Membrane ($n = 25$)	0,4 [0,2; 0,52]	0,3 [0,2; 0,6]	0,5 [0,3; 0,8]	0,6 [0,4; 0,8]	0,6 [0,5; 0,8]	0,7 [0,5; 0,8]	0,7 [0,5; 0,8]	0,7 [0,5; 0,8]

зрительных функций наблюдалось у пациентов с макулярным отверстием: медиана МКОЗ повысилась с 0,16 [0,09; 0,30] до 0,5 [0,25; 0,6] через 12 месяцев после операции. У пациентов с эпиретинальной мембраной МКОЗ выросла с 0,4 [0,2; 0,52] до 0,7 [0,5; 0,8], а при отслойке сетчатки — с 0,1 [0,01; 0,7] до 0,6 [0,4; 0,7]. Полученные нами результаты согласуются со средними показателями, представленными в литературе [5–7].

Для оценки продолжительности эндоиллюминации и выявления факторов, влияющих на функциональные результаты, построены многофакторные линейные регрессионные модели.

На первом этапе в регрессионную модель были включены такие предоперационные факторы, как возраст пациентов и острота зрения до операции, а при отслойке сетчатки также учитывали ее длительность (табл. 2).

Согласно первой модели исходная острота зрения может являться стабильным предиктором послеоперационного результата при макулярном отверстии ($p = 0,002$) и частично при отслойке сетчатки ($p = 0,045$). Возраст как предиктор послеоперационной остроты зрения был незначимым, хотя при ЭРМ определяется тенденция, согласно которой чем старше пациент, тем ниже послеоперационная острота зрения ($p \sim 0,10$). Срок отслойки сетчатки может являться предиктором, более короткий срок до операции ассоциируется с лучшим зрением после операции ($p = 0,06$). В целом указанные предоперационные факторы объясняют лишь часть вариации (при МО модель объясняет ~25 % вариации итоговой остроты зрения, ~15 % при ЭРМ и лишь 9 % при ОС). Полученные данные согласуются с опубликованными результатами

Таблица 2. Влияние предоперационных факторов на послеоперационную остроту зрения

Table 2. Impact of preoperative factors on postoperative visual acuity

Группа Group	Предиктор Predictor	b	t	p	Ключевые показатели модели Key Model Indicators
Макулярные отверстия Macular Holes	Возраст Age	-0,002	-0,35	0,73	R ² = 0,30 Adj R ² = 0,25 F(2,28) = 6,01 p = 0,007**
	Острота зрения до операции Preoperative VA	0,441	3,46	0,002**	
Отслойка сетчатки Retinal Detachment	Возраст Age	-0,003	-0,47	0,64	R ² = 0,16 Adj R ² = 0,09 F(3,37) = 2,30, p = 0,094*
	Острота зрения до операции Preoperative VA	0,185	2,07	0,045*	
	Срок отслойки (до 1 мес.) Detachment duration (<1 mo)	-0,39	-1,95	0,06*	
Эпиретинальная мембрана Epiretinal Membrane	Возраст Age	0,008	1,73	0,10*	R ² = 0,22 Adj R ² = 0,15 F(2,21) = 2,97, p = 0,07*
	Острота зрения до операции Preoperative VA	0,155	1,36	0,19	

Примечание. ** $p < 0,01$, * $p < 0,05$, # $p < 0,1$ пограничная значимость.
Note. ** $p < 0,01$, * $p < 0,05$, # $p < 0,1$ borderline significance.

Zaletel Benda и соавт. по отслойке сетчатки: предоперационная острота зрения положительно коррелирует с послеоперационной МКОЗ, а длительность отслойки — отрицательно [8].

На втором этапе в регрессионную модель, помимо факторов первого этапа, включили морфологические факторы, связанные с состоянием глаз пациентов: осевую длину, состояние хрусталика (прозрачный, неполное помутнение, артификация); при отслойке сетчатки дополнительно — макулярный статус (off/on), наличие ПВР (табл. 3).

Таблица 3. Влияние предоперационных и морфологических факторов на послеоперационную остроту зрения.

Table 3. Impact of preoperative and morphological factors on postoperative visual acuity

Группа Group	Предиктор Predictor	b	t	p	Ключевые показатели модели Key Model Indicators
Макулярные отверстия Macular Holes	Возраст Age	-0,002	-0,44	0,66	R ² = 0,32 Adj R ² = 0,18 F(5,24) = 2,25 p = 0,08*
	Острота зрения до операции Preoperative VA	0,43	3,02	0,006**	
	ПЗО Axial length	-0,01	-0,46	0,65	
	Неполное помутнение хрусталика Partial lens opacity	0,04	0,24	0,81	
	Артификация Artiphakia	-0,004	-0,02	0,98	
Отслойка сетчатки Retinal Detachment	Возраст Age	0,002	0,27	0,79	R ² = 0,19 Adj R ² = -0,04 F(8,28) = 0,82 p = 0,60
	Острота зрения до операции Preoperative VA	0,08	0,80	0,43	
	Срок отслойки (до 1 мес.) Detachment duration (<1 mo)	-0,0007	-0,003	0,10*	
	ПЗО Axial length	-0,03	-0,44	0,66	
	Неполное помутнение хрусталика Partial lens opacity	0,12	0,41	0,69	
	Артификация Artiphakia	0,12	0,34	0,74	
Эпиретинальная мембрана Epiretinal Membrane	Макула офф Macula-off status	0,28	1,54	0,13	R ² = 0,04 Adj R ² = -0,24 F(5,17) = 0,15 p = 0,98
	Наличие ПВР Presence of PVR	0,26	0,73	0,47	
	Возраст Age	0,0001	0,03	0,97	
	Острота зрения до операции Preoperative VA	0,02	0,24	0,81	
Эпиретинальная мембрана Epiretinal Membrane	ПЗО Axial length	-0,003	-0,20	0,84	R ² = 0,04 Adj R ² = -0,24 F(5,17) = 0,15 p = 0,98
	Неполное помутнение хрусталика Partial lens opacity	-0,08	-0,62	0,54	
	Артификация Artiphakia	-0,10	-0,64	0,53	

Примечание. ** $p < 0,01$.
Note. ** $p < 0,01$.

Таблица 4. Влияние пред- и интраоперационных факторов на послеоперационную остроту зрения**Table 4.** Impact of preoperative and intraoperative factors on postoperative visual acuity

Группа	Предиктор	b	t	p	Ключевые показатели модели
Макулярные отверстия Macular Holes	Возраст Age	0,003	0,48	0,64	R ² = 0,43 Adj R ² = 0,17 F(9,20) = 1,68 p = 0,16
	Острота зрения до операции Preoperative VA	0,36	2,43	0,02*	
	ПЗО Axial length	-0,04	-1,12	0,28	
	Неполное помутнение хрусталика Partial lens opacity	0,13	0,72	0,48	
	Артифакция Artiphakia	0,07	0,39	0,70	
	Время эндоиллюминации Endoillumination time	-0,0003	-0,09	0,93	
	Комбинация с ФЭК Combined with Phaco	-0,21	-1,38	0,18	
	Тампонада ПФОС + силикон Tamponade: PFCL + Silicon	-0,03	-0,10	0,93	
Отслойка сетчатки Retinal Detachment	Возраст Age	0,002	0,28	0,78	R ² = 0,48 Adj R ² = 0,25 F(11,25) = 2,10 p = 0,06†
	Острота зрения до операции Preoperative VA	0,10	1,15	0,26	
	Срок отслойки (до 1 мес.) Detachment duration (<1 mo)	-0,18	-0,82	0,42	
	ПЗО Axial length	-0,04	-0,58	0,56	
	Неполное помутнение хрусталика Partial lens opacity	0,04	0,16	0,88	
	Артифакция Artiphakia	-0,10	-0,29	0,78	
	Макула офф Macula-off status	0,19	1,19	0,25	
	Наличие ПВР Presence of PVR	0,24	0,81	0,43	
	Время эндоиллюминации Endoillumination time	0,008	1,17	0,25	
	Комбинация с ФЭК Combined with Phaco	0,56	2,14	0,04*	
Эпиретинальная мембрана Epiretinal Membrane	Возраст Age	0,0005	0,07	0,95	R ² = 0,07 Adj R ² = -0,55 F(8,12) = 0,11 p = 0,99
	Острота зрения до операции Preoperative VA	-0,001	-0,01	0,99	
	ПЗО Axial length	-0,008	-0,39	0,71	
	Неполное помутнение хрусталика Partial lens opacity	-0,07	-0,49	0,64	
	Артифакция Artiphakia	-0,11	-0,53	0,60	
	Время эндоиллюминации Endoillumination time	0,0007	0,15	0,89	
	Комбинация с ФЭК Combined with Phaco	0,02	0,12	0,91	
	Тампонада физиологич. раствором Tamponade: Saline	-0,02	-0,32	0,76	

Примечание. ** p < 0,01.
Note. ** p < 0,01.

Добавление в модель предоперационных морфологических параметров не привело к статистически значимому увеличению объясненной дисперсии. При макулярном отверстии ключевым фактором осталась острота зрения до операции ($p = 0,006$), объясненная дисперсия R^2 модели увеличилась с 0,30 до 0,32. При отслойке сетчатки добавление новых переменных не улучшило модель, R^2 даже снизилась по сравнению с первым этапом. Однако отражена тенденция, что при macula-off результаты операции могут быть хуже ($p = 0,13$). В случае ЭРМ модель не объясняет дисперсию, полностью не значима. Вероятно, на исход операции при ОС и ЭРМ основное влияние оказывают другие факторы.

Поскольку предполагалось, что интраоперационные характеристики, включая длительность эндоиллюминации, могут влиять на итоговое зрение, в регрессионную модель (третий этап), помимо факторов первого и второго этапов, включили интраоперационные переменные: время эндоиллюминации, проведение комбинированной витреохирургии с фактоэмульсификацией и тип примененного тампонирующего вещества (табл. 4).

При макулярном отверстии включение интраоперационных факторов улучшило объясняющую способность модели ($R^2 = 0,43$, скорректированный $R^2 = 0,17$, $p = 0,16$). Среди предикторов значимым остался только исходный уровень зрения ($b = 0,36$, $p = 0,02$). В анализируемой выборке время эндоиллюминации, фактор комбинированной операции и тампонада не оказали значимого влияния на итоговую МКОЗ через 12 месяцев.

В группе отслойки сетчатки введение факторов комбинированной операции и тампонады витреальной полости увеличило объясненную дисперсию R^2 до 0,48, скорректированную R^2 до 0,25 ($p = 0,06$, на грани значимости). Значимыми предикторами стали комбинированное хирургическое вмешательство ($b = 0,56$, $p = 0,04$) и тампонада силиконовым маслом ($b = 0,49$, $p = 0,01$). Таким образом, проведение комбинированной операции с ФЭК и тампонадой силиконовым маслом ассоциировано с худшими функциональными результатами. Предоперационная острота зрения ($b = 0,10$, $p = 0,26$), макула-офф ($b = 0,19$, $p = 0,25$) и длительность эндоиллюминации ($b = 0,008$, $p = 0,25$) не достигли уровня статистической значимости, однако продемонстрировали слабые тенденции.

В группе эпиретинальной мембраны добавление интраоперационных факторов не улучшило модель. Ни один из предикторов, включая время эндоиллюминации, не оказался значимым.

Таким образом, в нашей выборке длительность эндоиллюминации не продемонстрировала значимого влияния на итоговую остроту зрения ($p > 0,25$ во всех

моделях). Основными предикторами явились исходная острота зрения в группе макулярного отверстия, а в группе отслойки сетчатки — тампонада и комбинированная операция с ФЭК. В группе ЭРМ модель не выявила значимых детерминант.

ОБСУЖДЕНИЕ

В проведенном исследовании не выявлено статистически значимой связи между длительностью эндоиллюминации и функциональными исходами витреоретинальных операций при макулярном отверстии, отслойке сетчатки и эпиретинальной мембране. Это может свидетельствовать о том, что в диапазоне времени, характерном для стандартных хирургических вмешательств, продолжительность эндоосвещения не оказывает существенного влияния на зрительные результаты и не связана с повышением риска фототоксического повреждения сетчатки.

Полученные результаты согласуются с данными Ach и соавт., показавшими, что безопасное время воздействия света при витреоретинальных вмешательствах определяется прежде всего интенсивностью и спектром излучения, а не абсолютной длительностью экспозиции [1]. Fehler и соавт. также отмечали, что решающую роль играет расстояние от источника света до сетчатки, тогда как временной фактор имеет второстепенное значение [2]. Таким образом, при соблюдении стандартных параметров мощности и оптимальном позиционировании эндоосветителя риск световой токсичности минимален даже при относительно длительных операциях.

При анализе факторов, определяющих функциональные исходы, установлено, что основное влияние оказывают исходные клинические характеристики и особенности хирургической тактики. В частности, исходная острота зрения достоверно определяла уровень послеоперационной остроты зрения в группе макулярного отверстия. Проводя подобный регрессионный анализ, Zaletel Benda и соавт. также подтвердили высокую прогностическую значимость данного показателя у пациентов с регматогенной отслойкой сетчатки [8].

В группе пациентов с отслойкой сетчатки на функциональные результаты влияли тип тампонады и проведение комбинированной операции с фактоэмulsionификацией. Использование силиконового масла ассоциировалось с менее благоприятными функциональными исходами, что согласуется с данными литературы о возможных оптических и токсических эффектах силикона на макулярную область [9, 10]. Известно, что у части пациентов, подвергшихся тампонаде сетчатки силиконовым маслом, ганглионарные клетки могут повреждаться вследствие миграции частиц масла в сетчатку или прямого контакта силикона с внутренними слоями сетчатки [11].

Для пациентов с эпиретинальной мембраной статистически значимых факторов, определяющих послеоперационную остроту зрения, выявлено не было, что, вероятно, связано с ограниченным количеством наблюдений и меньшей вариабельностью исходных параметров.

Сравнение с литературными данными подтверждает, что на функциональный результат витреоретинальных операций в большей степени влияют морфологическое состояние сетчатки и длительность течения заболевания до хирургического вмешательства, чем интраоперационные параметры освещения. Так, по данным Guner и соавт., раннее хирургическое вмешательство при регматогенной отслойке сетчатки (<7 дней от начала симптомов) достоверно улучшает послеоперационные зрительные результаты, что связано с меньшей степенью дегенерации фоторецепторов и лучшей сохранностью наружных слоев сетчатки [10]. Аналогичные выводы приводят Williamson и соавт., отмечая, что срок существования отслойки и вовлечение макулы являются ключевыми детерминантами функционального исхода [12].

К числу ограничений исследования следует отнести отсутствие возможности количественной оценки интенсивности освещения и ограниченное количество наблюдений.

Наши результаты показали, что длительность эндоиллюминации не являлась значимым фактором функционального исхода, что согласуется с данными литературы, в которых основными предикторами восстановления зрения после витреоретинальных вмешательств чаще выступают предоперационная острота зрения, длительность симптомов и структурные изменения макулы по данным оптической когерентной томографии [7, 13–14].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Построенные многофакторные регрессионные модели показали, что наибольшее влияние на функциональные результаты оказали предоперационные и хирургические факторы, не связанные с длительностью эндоиллюминации. В частности, исходная острота зрения достоверно определяла уровень послеоперационной остроты зрения в группе макулярного отверстия ($p < 0,05$), тогда как в группе отслойки сетчатки значимыми факторами оказались тип тампонады (силиконовое масло) и проведение комбинированной операции с фактоэмulsionификацией ($p < 0,05$). В группе эпиретинальной мембраны статистически значимых ассоциаций не выявлено. Таким образом, результаты исследования подтверждают, что функциональные исходы витреоретинального вмешательства в большей степени определяются исходными анатомо-функциональными характеристиками глаза и особенностями хирургической тактики, тогда как продолжительность эндоосвещения не является фактором риска снижения послеоперационной остроты зрения.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Ямгудинов Р.Р. — идея, планирование исследования, ассистирование на операциях, сбор и обработка данных, написание и редактирование статьи;
Мухамадеев Т.Р. — планирование, написание и редактирование статьи;
Мухамадеева Р.Т. — сбор и обработка данных;
Урумов Д.А. — сбор и обработка данных.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Ach T, Höh AE, Amberger R, Dithmar S. Lichtexposition bei vitreoretinaler Chirurgie: II. Physikalische Charakteristika von Endoilluminationssystemen. *Der Ophthalmologe*. 2008;10(105):905–910. doi: 10.1007/s00347-008-1795-y.
- Fehler N, Lingenfelder C, Hessling M, Kupferschmid S. Retinal risk of endoillumination: A comparison of different ophthalmic illumination systems. *Journal Français d'Ophthalmologie*. 2023;4(46):377–387. doi: 10.1016/j.jfo.2022.10.007.
- Баранова КМ, Николаев СН. Анализ наиболее часто применяемых в клинической практике визометрических таблиц. Современные технологии в офтальмологии. 2023;3:286–294. doi: 10.25276/2312-4911-2023-3-286-294. Baranova KM, Nikolaev SN. Analysis of the most frequently used visual acuity charts in clinical practice. *Modern Technologies in Ophthalmology*. 2023;3:286–294 (In Russ.). doi: 10.25276/2312-4911-2023-3-286-294.
- Hussain B, Saleh GM, Sivaprasad S, Hammond CJ. Changing from Snellen to Log-MAR: debate or delay? *Clinical and Experimental Ophthalmology*. 2006;34:6–8. doi: 10.1111/j.1442-9071.2006.01135.x.
- Matoba R, Morizane Y. Epiretinal membrane: an overview and update. *Jpn J Ophthalmol*. 2024;68:603–613. doi: 10.1007/s10384-024-01127-6.
- Radke NV, Ruamviboonsuk P, Steel DH, Tian T, Hunyor AP, Tsai ASH, Chang A, Yang CM, Lai CC, Dong F, Lim JI, Chhablani J, Lai KHW, Shanmugam MP, Stalmans P, Venkatesh P, Lam RF, Woo SJ, Zhang S, Das T, Lai TYY, Kumar V, Huang X, Zhang Z, Wang Z, Zhao P, Lam DSC. Controversies, consensuses, and guidelines on macular hole surgery by the Asia-Pacific Vitreo-retina Society (APVRS) and the Asia-Pacific Academy of Professors in Ophthalmology (AAPPO). *Eye Vis (Lond)*. 2025 Jul 28;12(1):30. doi: 10.1186/s40662-025-00446-0.
- Suzuki N, Kunikata H, Aizawa N, Abe T, Nakazawa T. Predicting visual outcomes for macula-off rhegmatogenous retinal detachment with optical coherence tomography. *J Ophthalmol*. 2014;2014:269837. doi: 10.1155/2014/269837.
- Zaletel Benda P, Vratnar B, Petrovski G, Gavrić AU, Matović K, Gornik A, Vergot K, Lumi A, Lumi X. Prognostic Factor Analysis of Visual Outcome after Vitrectomy for Rhegmatogenous Retinal Detachment. *J Clin Med*. 2020 Oct 12;9(10):3251. doi: 10.3390/jcm9103251.
- Grüterich M, Clemente C, Mueller AJ, Ulbig MW, Kampik A. Multifactorielle Analyse des Therapieerfolges des Pseudoaphakieablatio [Multifactorial analysis of therapeutic outcome of pseudophakic retinal detachment surgery]. *Ophthalmologie*. 2000 Sep;97(9):609–614 (In Germ.). doi: 10.1007/s003470070047.
- Guner ME, Guner MK, Cebeci Z, Kir N. Preoperative and Postoperative Factors Affecting Functional Success in Anatomically Successful Retinal Detachment Surgery. *Korean J Ophthalmol*. 2022 Dec;36(6):477–485. doi: 10.3341/kjo.2022.0057.
- Pichi F, Hay S, Abboud EB. Inner retinal toxicity due to silicone oil: a case series and review of the literature. *Int Ophthalmol*. 2020 Sep;40(9):2413–2422. doi: 10.1007/s10792-020-01418-0.
- Williamson TH, Shunmugam M, Rodrigues I, Dogramaci M, Lee E. Characteristics of rhegmatogenous retinal detachment and their relationship to visual outcome. *Eye (Lond)*. 2013 Sep;27(9):1063–1069. doi: 10.1038/eye.2013.136.
- Guo H, Ou C, Wang G, Lu B, Li X, Yang T, Zhang J. Prediction of Visual Outcome After Rhegmatogenous Retinal Detachment Surgery Using Artificial Intelligence Techniques. *Transl Vis Sci Technol*. 2024 May 1;13(5):17. doi: 10.1167/tvst.13.5.17.
- Lim LS, Tsai A, Wong D, Wong E, Yeo I, Loh BK, Ang CL, Ong SG, Lee SY. Prognostic factor analysis of vitrectomy for retinal detachment associated with myopic macular holes. *Ophthalmology*. 2014 Jan;121(1):305–310. doi: 10.1016/j.ophtha.2013.08.033.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ямгутдинов Ринат Радикович
ассистент кафедры офтальмологии, врач-офтальмолог
<https://orcid.org/0000-0001-7316-8291>

Мухамадеев Тимур Рафаэльевич
доктор медицинских наук, заведующий кафедрой офтальмологии
<https://orcid.org/0000-0003-3078-2464>

Мухамадеева Рената Тимуровна
студентка
<https://orcid.org/0009-0005-4627-6816>

Урумов Дмитрий Артемович
студент
<https://orcid.org/0009-0004-3846-6372>

ABOUT THE AUTHORS

Yamgutdinov Rinat R.
assistant, Department of Ophthalmology, ophthalmologist
<https://orcid.org/0000-0001-7316-8291>

Mukhamadeev Timur R.
MD, head of the Ophthalmology Department
<https://orcid.org/0000-0003-3078-2464>

Mukhamadeeva Renata T.
student
<https://orcid.org/0009-0005-4627-6816>

Urumov Dmitry A.
student
<https://orcid.org/0009-0004-3846-6372>

Изменения электроретинограммы у экипажа 12-месячного изоляционного эксперимента SIRIUS-23

V.V. Neroev¹V.I. Kotelin¹M.V. Zueva^{1,2}O.M. Manko²T.N. Kiseleva¹A.M. Aleskerov²D.V. Fadeev¹D.Yu. Kolesnikov²N.A. Ramazanova¹

¹ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр глазных болезней им. Гельмгольца»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. Садовая-Черногрозская, 14/19, Москва, 105062, Российская Федерация

² ФГБУН «Государственный научный центр РФ Институт медико-биологических проблем Российской академии наук»
Хорошевское шоссе, 76а, Москва, 123007, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2026;23(1):91–100

В международном эксперименте SIRIUS-23 изучалось влияние длительной изоляции в замкнутом пространстве (гермообъект — искусственная станция), имитирующем межпланетный перелет с сопутствующими стрессорными факторами, на биоэлектрическую активность сетчатки. **Целью** исследования было определить у участников 12-месячного эксперимента изменения разных типов электроретинограммы (ЭРГ) и зрительных вызванных корковых потенциалов (ЗВП). Оценивали также изменения глазного кровотока с помощью доплеровских методов исследования. Все диагностические исследования проводили до и в течение одной недели после выхода экипажа из изоляции (условное «приземление»). Результаты свидетельствуют об общей стабильности большинства исследуемых показателей после завершения изоляции. Выявлено небольшое снижение амплитуды ритмической ЭРГ (РЭРГ) на мелькание 30 и 12 Гц и компонентов P50 и N95 транзистентной паттерн-ЭРГ (ПЭРГ) с характерными изменениями пиковой латентности, что говорит о легкой дисфункции ганглиозных клеток сетчатки и их аксонов без органического поражения зрительных проводящих путей. Обнаружена положительная тенденция к возрастанию амплитуды фотопического негативного ответа (ФНО) на стимул средней силы и амплитуды P100 компонента ЗВП на паттерн-реверсивный шахматный стимул после выхода экипажа из изоляции. Зарегистрировано статистически достоверное увеличение индекса периферического сопротивления и пульсационного индекса в глазной артерии, центральной артерии сетчатки и латеральных задних коротких цилиарных артериях, что может свидетельствовать об изменении сосудистого тонуса в системе ретиальной и хориоидальной циркуляции глаза после 12-месячного эксперимента.

Ключевые слова: длительная изоляция, наземная станция, электроретинография, сетчатка, фоторецепторы, биполярные клетки сетчатки, ганглиозные клетки сетчатки, глазной кровоток, ультразвуковая доплерография, SIRIUS

Для цитирования: Neroev V.V., Kotelin V.I., Zueva M.V., Manko O.M., Kiseleva T.N., Aleskerov A.M., Fadeev D.V., Kolesnikov D.Yu., Ramazanova N.A. Изменения электроретинограммы у экипажа 12-месячного изоляционного эксперимента SIRIUS-23. *Офтальмология*. 2026;23(1):91–100. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-91-100>

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

Конфликт интересов отсутствует.

Работа выполнена в рамках НИР РАН: FMFR-2024-0034.



Electroretinogram Changes in the Crew of the 12-month Isolation Experiment SIRIUS-23

V.V. Neroev¹, V.I. Kotelin¹, M.V. Zueva^{1,2}, O.M. Manko², T.N. Hiseleva¹, A.M. Aleskerov², D.V. Fadeev¹, D.Yu. Holesnikov², H.A. Ramazanova¹

¹ Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases
Sadovaya-Chernogryazskaya str., 14/19, Moscow, 105062, Russian Federation

² Institute for Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences
Khoroshevskoe highway, 76a, Moscow, 123007, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2026;23(1):91–100

The international experiment SIRIUS-23 studied the effect of long-term isolation in a closed space (hermetic object — artificial station), simulating an interplanetary flight with accompanying stress factors, on the bioelectrical activity of the retina. The aim of the study was to evaluate changes in the different types of electroretinogram (ERG), and in visual evoked cortical potentials (VEP) in the participants of the 12-month experiment. Changes in ocular blood flow were also assessed using Doppler research methods. All diagnostic examinations were conducted before and during the week after the crew exited isolation (conditional "landing"). The results indicate the general stability of the most studied parameters after the end of isolation. A slight decrease in the amplitude of flicker ERG (F-ERG) to 30 and 12 Hz flickers and P50 and N95 components of transient pattern ERG (PERG) with characteristic changes in peak latency was revealed, which indicate a mild dysfunction of retinal ganglion cells and their axons without organic damage to the visual pathways. A positive trend towards an increase in the amplitude of the photopic negative response (PhNR) to a medium-strength stimulus and the amplitude of the P100 component of VEP to a pattern-reversal to a pattern-reversal chessboard stimuli after the crew exited isolation was found. A statistically significant increase in the peripheral resistance index and pulsatility index in the ophthalmic artery, central retinal artery and lateral posterior short ciliary arteries was recorded, which may indicate a change in vascular tone in the retinal and choroidal circulation system of the eye after a 12-month experiment.

Keywords: long-term isolation, ground station, electroretinography, retina, photoreceptors, retinal bipolar cells, retinal ganglion cells, ocular blood flow, ultrasound dopplerography, SIRIUS

For citation: Neroev V.V., Zueva M.V., Kotelin V.I., Man'ko O.M., Hiseleva T.A., Aleskerov A.M., Fadeev D.V., Holesnikov D.Yu., Ramazanova H.A. Electroretinogram Changes in the Crew of the 12-month Isolation Experiment SIRIUS-23. *Ophthalmology in Russia*. 2026;23(1):91–100. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-91-100>

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

There is no conflict of interests.

The work was carried out within the framework of the RAS research project: FMFR-2024-0034.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что длительное нахождение в замкнутом пространстве и сопутствующие факторы искусственной среды снижают функциональный резерв центральной нервной системы (ЦНС) человека и могут влиять на правильность принятия решений членами экипажей орбитальных станций и участниками длительных межпланетных перелетов, особенно в критических ситуациях [1–4]. Важной задачей является изучение динамики объективных показателей функциональной активности сетчатки в изоляционных экспериментах различного типа, имитирующих подобные ситуации.

Ранее нами были выполнены электрофизиологические исследования (ЭФИ) у участников 4-месячного (SIRIUS-19) и 8-месячного (SIRIUS-21) международных экспериментов с имитацией полетов на Луну.

Результаты функциональных исследований, проведенных до и после изоляционных экспериментов возрастающей длительности с различными критическими ситуациями, могут предоставить объективные критерии стрессоустойчивости сенсорных систем к экстремальным факторам среды, ее реакции на длительные физиче-

ские и психоэмоциональные нагрузки, которым подвергаются участники таких экспериментов, а также выявить биомаркеры для прогнозирования ухудшения функционирования зрительной системы.

Целью данного исследования было определить изменения электроретинограммы (ЭРГ) и зрительных вызванных корковых потенциалов (ЗВП) на паттерн-реверсивный шахматный стимул у шести участников 12-месячного эксперимента SIRIUS-23. Оценивали также изменения глазного кровотока с помощью доплеровских методов исследования. Все тестирования проводили до начала эксперимента и в течение недели после выхода экипажа из изоляции.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

ЭФИ выполняли в экранированной от электромагнитных наводок кабине с помощью диагностической системы RETIport/scan21 (Roland Consult, Германия). Условия регистрации потенциалов соответствовали требованиям, предусмотренным стандартами ISCEV (Международное общество клинической электрофизиологии зрения). Регистрировали электроретинограмму (ЭРГ) на диффузные ганцфельд-вспышки [5], фотопический

негативный ответ (ФНО) [6], фотопические ритмические ЭРГ (РЭРГ) в спектре частот от 8 до 30 Гц [7], ЭРГ на реверсирующие паттерны (паттерн-ЭРГ) [8–10], а также зрительные вызванные корковые потенциалы (ЗВП) на паттерн-реверсирующие стимулы [11]. Анализировали амплитудные и временные параметры отдельных биопотенциалов.

При регистрации биопотенциалов сетчатки активным электродом являлся конъюнктивальный петельный электрод НК-Loop. Референтным электродом служил хлорсеребряный (Ag/AgCl) чашечный электрод, размещаемый у наружного края орбиты исследуемого глаза. Запись ЗВП выполняли с помощью чашечных Ag/AgCl электродов. Активный электрод размещали на коже волосистой части головы в точке Oz и референтный электрод — на лбу в точке Fz. Общий заземляющий электрод для всех записей располагали на мочке уха. ЗВП регистрировали на реверсирующие черно-белые шахматные паттерны с угловым размером ячеек 1° и $0,3^\circ$ с частотой реверса 4 рев/с, контрастом 97 %.

Для оценки состояния глазного кровотока применяли комплексное ультразвуковое исследование ретробульбарного пространства в режимах цветного доплеровского картирования (ЦДК) и импульсной доплерографии при помощи многофункционального ультразвукового диагностического прибора Voluson E8 (GE Healthcare, США) с использованием линейного датчика с частотой от 10 до 16 МГц. В соответствии с международными рекомендациями во время исследований снижали параметры акустической мощности согласно следующим нормативам: термический индекс (TIS) — не более 1,0; механический индекс (MI) — не более 0,23; интенсивность ультразвукового потока — не более 50 мВ/см². Метод ЦДК позволил визуализировать цветовой паттерн кровотока в глазной артерии (ГА), центральной артерии сетчатки (ЦАС), параневральных медиальных и латеральных задних коротких цилиарных артериях (ЗКЦА), а также в центральной вене сетчатки (ЦВС) и верхней глазной вене (ВГВ). Метод импульсной доплерографии применяли для регистрации спектра кровотока в сосудах и определения основных параметров гемодинамики: максимальной систолической скорости (V_{syst}), конечной диастолической скорости (V_{diast}), индекса резистентности (RI) и пульсационного индекса (PI) в исследуемых сосудах. Ввиду наличия минимально пульсирующего кровотока в венозных сосудах в ЦВС и ВГВ определяли один показатель — V_{syst} .

Статистическая обработка данных, полученных в ЭФИ, выполнена в программном обеспечении Prism 8 (GraphPad Software, США) с применением параметрических и непараметрических методов анализа. Определяли среднее арифметическое (M) и среднее геометрическое, стандартную ошибку среднего арифметического, стандартное отклонение, минимальные и максимальные значения, геометрическое стандартное отклонение, а также

медиану (Me), 1-й и 3-й квартили (Q1 и Q3). Оценку достоверности различий (p) определяли с использованием t -критерия Стьюдента или критерия Вилкоксона в зависимости от нормальности распределения выборок. Степень достоверности различий оценивали при критических пороговых значениях $p < 0,05$. При анализе показателей электрической чувствительности сетчатки и лабильности зрительного нерва был использован критерий Фридмана с поправкой на множественные сравнения Данна для сравнения значений, полученных в нескольких контрольных точках, с исходными данными.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение показателей ЭФИ до и после 12-месячного эксперимента проводилось с целью выявления возможных маркеров ухудшения зрительных функций у членов экипажа с перспективой разработки в дальнейшем методики оценки ослабления функционального резерва зрительной системы. Данные ЭФИ, полученные в различных изоляционных экспериментах, предполагается использовать для оптимизации условий пребывания космонавтов на борту международной космической станции с целью исключения негативного влияния различных стрессорных факторов на функциональную активность нейронов зрительной системы. Результат статистической обработки материала представлен в таблицах 1–9 и проиллюстрирован на рисунках 1–4.

Несущественные гендерные различия были зафиксированы лишь в единичных измерениях, что не могло повлиять на оценку динамики показателей ЭФИ в группе. Различия между показателями ЭФИ, полученными от правого и левого глаза, также практически отсутствовали, за исключением не влияющих на достоверность расчетов отдельных показателей.

Колбочковая (фотопическая) ЭРГ. Результаты статистического анализа параметров колбочковой ЭРГ, записанной в фотопических условиях по международным стандартам ISCEV, представлены в таблице 1. Как показано в таблице, все временные и амплитудные параметры колбочковой ганцфельд-ЭРГ после завершения эксперимента практически не отличались от исходных фоновых значений. Различия данных до и после изоляционного эксперимента статистически незначимы.

Ритмическая ЭРГ (РЭРГ). Результаты исследования амплитуды РЭРГ на мелькания стимулов стандартной силы (3 кдхс/м²), записанных в фотопических условиях, приведены в таблице 2. Амплитуда ритмических ответов сетчатки достоверно снизилась для РЭРГ на 30 Гц ($p = 0,0394$) и 12 Гц ($p = 0,0243$) (табл. 5 и 8). Различие составило около 3 мкВ.

Паттерн-ЭРГ (ПЭРГ) в оценке активности ганглиозных клеток сетчатки. В таблице 3 представлены результаты статистической обработки базы данных ЭФИ по временным и амплитудным параметрам ПЭРГ на реверс черно-белых шахматных паттернов с угловым размером ячеек 16° , $0,8^\circ$ и $0,3^\circ$.

Таблица 1. Латентность (Т, мс) и амплитуда (А, мкВ) а- и b-волн колбочковой ЭРГ**Table 1.** Latency (T, ms) and amplitude (A, μV) of a- and b-waves of cone ERG

	Та		Тб		Аа		Аб	
	до before	после after	до before	после after	до before	после after	до before	после after
Min	12,6	12,0	27,6	28,1	15,0	24,2	67,5	71,4
Q1	14,1	14,4	29,3	29,3	23,85	25,05	90,5	89,1
Me	15,1	15,05	30,2	29,9	28,35	27,05	120,5	97,2
Q3	15,5	15,73	31,1	30,2	31,93	29,6	126,9	127,5
Max	16,7	15,8	31,6	31,3	41,4	34,4	132,3	150,1
M	14,88	14,86	30,00	29,81	27,78	27,81	110,00	105,80
SD	1,089	1,049	1,345	0,9634	7,026	3,010	22,400	25,200
SE	0,3143	0,3029	0,3883	0,2781	2,0280	0,8690	6,4670	7,2750
GEOMEAN	14,84	14,82	29,97	29,79	26,88	27,66	107,60	103,10
GSD	1,078	1,078	1,047	1,033	1,318	1,111	1,256	1,268
P (критерий Вилкоксона) P (Wilcoxon test)		0,5352		0,2405		0,9864		0,3126

Обозначения здесь и далее: М — среднее; SD — стандартное отклонение; SE — стандартная ошибка среднего; Min — минимум; Max — максимум; Q25 — нижний квартиль; Me — медиана; Q75 — верхний квартиль; GEOMEAN — среднее геометрическое; GSD — геометрическое стандартное отклонение; * $p < 0,05$ — статистически значимо ($p < 0,05$) по сравнению с исходными фоновыми данными; # — тенденция. Designations here and below: M — mean; SD — standard deviation; SE — standard error; Min — minimum; Max — maximum; Q25 — lower quartile; Me — median; Q75 — upper quartile; GEOMEAN — geometric mean; GSD — geometric standard less deviation; * $p < 0,05$ — statistically significant ($p < 0,05$) compared to the original background data; # — trend.

Отслеживание динамики ПЭРГ на низкую (до 4 реВ/с) и высокую (16 реВ/с) частоту реверсии ячеек паттерна, называемых соответственно транзистентной и стационарной ПЭРГ, позволяет оценивать изменение функциональной активности ганглиозных клеток сетчатки (ГКС) и их аксонов во внутренней сетчатке.

Как указано в таблице 3, после выхода из изоляции у испытуемых наблюдалось небольшое (на 2 мс) сокращение пиковой латентности волны P50 (тенденция, $p = 0,0605$) и удлинение среднего значения латентности N95 транзистентной ПЭРГ на крупный паттерн (16° , $p > 0,05$). Эти изменения времени кульминации сопровождались легким (на 2–4 мкВ) угнетением амплитуды волн ПЭРГ. Изменения N95 превышали угнетение P50, что привело к небольшому возрастанию индекса N95/P50 по сравнению с исходным значением.

Таким образом, изменения транзистентной ПЭРГ на крупный паттерн, которая отражает функциональное состояние крупноклеточных ГКС и их аксонов, принадлежащих магноцеллюлярной системе, свидетельствуют о легкой дисфункции клеток магно-каналов зрительной системы. Статистический анализ данных показал, что изменения временных и амплитудных параметров волн P50 и N95 транзистентной ПЭРГ на стимул $0,8^\circ$ (ГКС парвоцеллюлярной системы) показывают такую же закономерность, как и для крупных паттернов, а именно: имеются разнонаправленные изменения пиковой латентности позитивного и негативного компонентов транзистентной ПЭРГ и снижение их амплитуд, более выраженные для компонента N95 (табл. 4).

Однако время кульминации волн ПЭРГ на самый мелкий паттерн ($0,3^\circ$), в отличие от ответа на реверсию ячеек паттерна с размерами 16° и $0,8^\circ$, практически не изменялось, а амплитуда компонентов P50 и N95 даже несколько возросла (табл. 5).

Таблица 2. Амплитуда (мкВ) стандартной 30Гц-ПЭРГ и фотопической низкочастотной ПЭРГ**Table 2.** Amplitude (μV) of standard 30Hz F-ERG and photopic low-frequency flicker ERG

Частота Frequency	30Гц стандарт 30Hz standard		8.3		10		12		24	
	до before	после after	до before	после after	до before	после after	до before	после after	до before	после after
Min	57,7	47,0	94,5	90,9	90,9	72,9	94,5	88,7	58,2	92,9
Q1	89,55	87,73	106,8	104,3	108	106,8	113,8	110,5	111,5	108,6
Me	101,9	91,9	128,7	117,9	112,4	118,4	128,1	122,8	126,9	123,4
Q3	108,8	100,0	151,1	150,4	157,0	151,5	162,6	154,7	152,1	153,2
Max	137,6	117,4	172,6	160,8	169,9	164,0	172,8	166,5	187,5	184,4
M	98,18	89,15	128,9	124	125,8	122,1	133,6	127,9	126,9	132,7
SD	20,79	20,14	23,82	24,48	27,40	29,63	27,71	25,13	33,92	31,59
SE	6,001	5,813	6,876	7,066	7,909	8,553	7,998	7,255	9,793	9,119
GEOMEAN	95,99	86,57	126,9	121,8	123,3	118,6	131,0	125,6	122,0	129,4
GSD	1,257	1,308	1,202	1,220	1,231	1,296	1,233	1,220	1,360	1,265
P (критерий Вилкоксона) P (Wilcoxon test)		0,0394*		0,1177		0,5562		0,0243*		0,2036

Таблица 3. Пиковая латентность (Т, мс) и амплитуда (А, мкВ) компонентов P50 и N95 транзientной ПЭРГ от пика P50 и от изолинии, стимул 16°**Table 3.** Amplitude (A, μV) of the P50 and N95 components of transient PERG from the P50 peak and from the baseline, stimulus 16°

Стимул 16° Stimulus 16°	T, P50		T, N95		A, P50		A, P50-N95		A, N95 from baseline	
	до before	после after	до before	после after	до before	после after	до before	после after	до before	после after
Min	44,4	46,1	93,3	94,1	7,9	4,7	14,1	11,0	4,7	5,3
Q1	51,40	47,90	95,68	97,68	9,425	12,13	15,10	18,78	8,075	7,275
Me	52,3	49,5	98,1	98,8	15,3	13,65	23,45	22,25	9,25	8,5
Q3	54,03	54,20	101,90	103,30	18,68	14,58	30,38	25,45	15,03	13,20
Max	55,7	54,6	104,6	119,8	24,9	16,5	37,9	27,5	18,7	13,7
M	51,98	50,54	98,73	101,00	14,97	12,76	23,52	21,41	10,75	9,633
SD	2,988	3,173	3,429	6,742	5,224	3,398	8,195	5,178	4,632	3,027
SE	0,8625	0,9161	0,9899	1,9460	1,5080	0,9809	2,3660	1,4950	1,3370	0,8737
GEOMEAN	51,90	50,45	98,68	100,80	14,11	12,16	22,22	20,71	9,828	9,201
GSD	1,062	1,065	1,035	1,065	1,442	1,432	1,425	1,330	1,572	1,375
P (критерий Вилкоксона) P (Wilcoxon test)		0,1551		0,5078		0,0605#		0,2851		0,458

Таблица 4. Пиковая латентность (Т, мс) и амплитуда (А, мкВ) компонентов P50 и N95 транзientной ПЭРГ от пика P50 и от изолинии, стимул 0,8°**Table 4.** Amplitude (A, μV) of the P50 and N95 components of transient PERG from the P50 peak and from the baseline, stimulus 0.8°

Стимул 0,8° Stimulus 0.8°	T, P50		T, N95		A, P50		A, P50-N95		A, N95 от изолинии / from baseline	
	до before	после after	до before	после after	до before	после after	до before	после after	до before	после after
Min	54,6	53,9	90,2	95,5	3,2	3,8	7,2	8,8	2,2	2,0
Q1	55,70	55,78	94,75	97,15	7,45	8,75	10,08	11,15	2,75	2,825
Me	58,45	56,40	98,65	100,40	16,05	12,55	16,50	16,95	3,85	4,50
Q3	59,73	57,85	100,30	105,10	20,65	15,95	20,18	20,33	6,65	8,00
Max	62,3	59,5	109,2	119,8	25,8	20,8	22,0	25,4	7,6	9,3
M	58,01	56,63	98,31	102,20	14,75	12,64	15,26	16,35	4,40	5,30
SD	2,647	1,573	4,705	6,736	7,611	4,901	5,339	5,117	1,972	2,658
SE	0,7642	0,454	1,358	1,945	2,197	1,415	1,541	1,477	0,5692	0,7672
GEOMEAN	57,95	56,61	98,21	102,00	12,37	11,62	14,29	15,56	4,015	4,657
GSD	1,047	1,028	1,048	1,065	1,986	1,588	1,484	1,405	1,563	1,729
P (критерий Вилкоксона) P (Wilcoxon test)		0,0414		0,1049		0,1186		0,4054		0,3208

Таблица 5. Пиковая латентность (Т, мс) и амплитуда (А, мкВ) компонентов P50 и N95 транзientной ПЭРГ от пика P50 и от изолинии, стимул 0,3°**Table 5.** Amplitude (A, μV) of the P50 and N95 components of transient PERG from the P50 peak and from the baseline, stimulus 0.3°

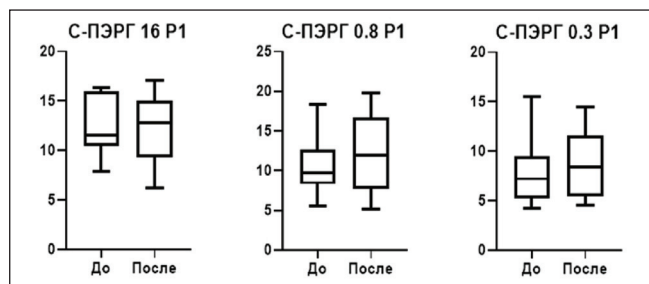
Стимул 0,3° Stimulus 0.3°	T, P50		T, N95		A, P50		A, P50-N95		A, N95 от изолинии / from baseline	
	до before	после after	до before	после after	до before	после after	до before	после after	до before	после after
Min	54,6	53,9	90,2	95,5	3,2	3,8	7,2	8,8	2,2	2,0
Q1	55,70	55,78	94,75	97,15	7,45	8,75	10,08	11,15	2,75	2,825
Me	58,45	56,40	98,65	100,40	16,05	12,55	16,50	16,95	3,85	4,50
Q3	59,73	57,85	100,30	105,10	20,65	15,95	20,18	20,33	6,65	8,00
Max	62,3	59,5	109,2	119,8	25,8	20,8	22,0	25,4	7,6	9,3
M	58,01	56,63	98,31	102,20	14,75	12,64	15,26	16,35	4,40	5,30
SD	2,647	1,573	4,705	6,736	7,611	4,901	5,339	5,117	1,972	2,658
SE	0,7642	0,454	1,358	1,945	2,197	1,415	1,541	1,477	0,5692	0,7672
GEOMEAN	57,95	56,61	98,21	102,00	12,37	11,62	14,29	15,56	4,015	4,657
GSD	1,047	1,028	1,048	1,065	1,986	1,588	1,484	1,405	1,563	1,729
P (критерий Вилкоксона) P (Wilcoxon test)		0,0414		0,1049		0,1186		0,4054		0,3208

Таблица 6. Амплитуда (А, мкВ) стационарной ПЭРГ (С-ПЭРГ), стимулы 16°, 0,8° и 0,3°**Table 6.** Amplitude (A, μV) of the steady-state PERG (SS-PERG), stimuli 16°, 0.8° and 0.3°

Угловой размер стимула Stimulus angle size	16°		0,8°		0,3°	
	до before	после after	до before	после after	до before	после after
Min	7,9	6,2	5,5	5,2	4,2	4,5
Q1	10,45	9,325	8,30	7,675	5,20	5,40
Me	11,55	12,75	9,70	11,9	7,2	8,45
Q3	15,95	15,08	12,65	16,73	9,45	11,55
Max	16,4	17,1	18,4	19,8	15,5	14,5
M	12,63	12,03	10,59	12,22	7,942	8,875
SD	3,029	3,524	3,411	4,836	3,690	3,665
SE	0,8745	1,017	0,9845	1,396	1,065	1,058
GEOMEAN	12,28	11,49	10,12	11,29	7,302	8,175
GSD	1,282	1,393	1,372	1,532	1,511	1,535
P (критерий Вилкоксона) P (Wilcoxon test)		0,5078		0,1591		0,5186

Таблица 7. Амплитуда ФНО, измеренная от пика b-волны ЭРГ, записанная на синем фоне в ответах на красные вспышки разной силы (0,375, 0,75, 1,5 и 3,0 кд·с/м²)**Table 7.** The amplitude of PhNR measured from the b-peak of the ERG recorded on a blue background in response to red flashes of different strengths (0.375, 0.75, 1.5 and 3.0 cd s/m²)

кд·с/м ² cd s/m ²	0,375		0,75		1,5		3,0	
	до before	после after	до before	после after	до before	после after	до before	после after
Min	8,0	7,5	13,2	22,8	16,4	22,1	29,8	40,4
Q1	16,83	14,65	19,55	33,98	29,75	33,00	36,63	43,13
Me	18,05	19,15	40,60	39,90	39,00	44,45	60,45	58,30
Q3	28,83	24,48	47,78	54,13	49,35	51,40	71,35	78,35
Max	77,8	37,5	59,7	64,7	71,2	65,5	94,1	89,9
M	25,03	19,66	36,85	43,12	40,36	43,52	57,28	60,90
SD	18,42	8,133	15,65	12,99	16,59	13,16	19,89	17,33
SE	5,317	2,348	4,519	3,748	4,790	3,799	5,741	5,001
GEOMEAN	21,15	18,04	33,03	41,30	37,15	41,57	53,98	58,68
GSD	1,759	1,569	1,693	1,365	1,551	1,383	1,445	1,330
P (критерий Вилкоксона) P (Wilcoxon test)		0,2783		0,0576#		0,276		0,4415

**Рис. 1.** Динамика стационарного паттерна ЭРГ (С-ПЭРГ) на реверс ячеек паттерна с угловыми размерами 16°, 0,8° и 0,3°**Fig. 1.** Dynamics of stationary pattern ERG (S-PERG) on the reverse of pattern cells with angular sizes of 16°, 0.8° and 0.3°

Анализ амплитуды *стационарной ПЭРГ (С-ПЭРГ)*, называемой также ПЭРГ устойчивого состояния (табл. 6 и рис. 1), показал небольшое возрастание медианы амплитуды С-ПЭРГ для ответов на стимулы всех размеров (разница статистически незначима). Наибольший положительный эффект отмечен для стимула с угловым размером 0,8° ($p = 0,1591$).

Фотопический негативный ответ (ФНО). Время кульминации ФНО во всех протоколах немного (на 2–4 мс) сокращалось по сравнению с исходной записью или не отличалось от фоновых значений (различия между измерениями до и после изоляции статистически недостоверны). В таблице 7 представлены амплитуды ФНО, измеренной от пика b-волны ЭРГ, записанной на синем фоне в ответах на красные вспышки разной силы (0,375, 0,75, 1,5 и 3,0 кд·с/м²), и амплитудное отношение (индекс) ФНО/b.

Результаты показали отсутствие статистически значимых изменений временных и амплитудных параметров компонентов ФНО в ЭРГ на вспышки различной яркости. Однако отмечено возрастание среднего значения амплитуды ФНО в ЭРГ на стимул средней силы 0,75 кд·с/м² (по *t*-критерию Стьюдента $p = 0,0576\#$; тенденция).

Зрительные вызванные корковые потенциалы (ЗВП). Динамика пиковой латентности и амплитуды ЗВП представлена в таблице 8. У членов экипажа, обследованных после выхода из 12-месячной изоляции, обнаружено небольшое возрастание амплитуды P100 на крупный паттерн и снижение в ЗВП на мелкий паттерн, а также небольшие изменения времени кульминации, которые были статистически незначимы.

Таблица 8. Пиковая латентность (Т, мс) и амплитуда (А, мВ) P100-компонента ЗВП на паттерн-реверсивные стимулы с угловыми размерами 1° и 0,3°**Table 8.** Peak latency (T, ms) and amplitude (A, μV) of the P100 component of the VEP to pattern-reversal stimuli with angular sizes of 1° and 0.3°

кд·с/м ² cd s/m ²	0,375		0,75		1,5		3,0	
	до before	после after	до before	после after	до before	после after	до before	после after
Min	68,7	95,1	5,7	8,4	101,0	95,1	1,4	2,9
Q1	99,80	101,00	8,75	11,70	106,40	98,68	6,625	6,50
Me	106,6	106,3	12,1	13,4	111,9	109,8	12,45	9,05
Q3	112,10	113,20	14,63	19,63	117,30	116,40	18,00	14,20
Max	115,7	117,4	28,0	23,7	125,0	124,5	20,6	24,6
M	103,70	106,90	13,14	15,15	111,70	109,60	11,80	10,92
SD	12,630	6,893	5,943	4,696	6,918	9,961	6,430	5,989
SE	3,645	1,990	1,716	1,356	1,997	2,876	1,856	1,729
GEOMEAN	102,8	106,6	12,1	14,51	111,5	109,2	9,524	9,481
GSD	1,150	1,067	1,520	1,360	1,064	1,096	2,207	1,773
P (критерий Вилкоксона) P (Wilcoxon test)		0,3897		0,2241		0,318		0,5128

Таблица 9. Средние показатели гемодинамики в сосудах глаза**Table 9.** Average hemodynamic parameters in the vessels of the eye

Сосуды Vessels	Параметры кровотока / Blood flow parameters								
	V_{syst} cm/c		V_{diast} cm/c		RI		PI		
	I	II	I	II	I	II	I	II	
Этап / Stage									
ГА / GA	39,89 ± 4,65	44,40 ± 6,25	10,28 ± 2,80	8,40 ± 2,25*	0,74 ± 0,06	0,80 ± 0,04*	1,58 ± 0,34	2,11 ± 0,59*	
ЦАС / CRA	12,25 ± 1,49	14,29 ± 2,10	4,14 ± 0,76	4,12 ± 1,23	0,65 ± 0,05	0,74 ± 0,04*	1,17 ± 0,17	1,53 ± 0,15*	
лат. ЗКЦА / lat. LSPCA	13,14 ± 1,94	15,97 ± 2,74	6,00 ± 1,30	5,93 ± 0,60	0,54 ± 0,06	0,64 ± 0,60*	0,81 ± 0,12	1,15 ± 0,24*	
мед. КЦА / med. MCCA	12,70 ± 1,08	14,04 ± 1,79	5,71 ± 0,30	5,71 ± 0,62	0,57 ± 0,01	0,59 ± 0,03	0,88 ± 0,09	0,94 ± 0,08	
ЦВС / CRV	6,91 ± 1,77	6,80 ± 0,73							
ВГВ / SOV	9,50 ± 1,10	10,38 ± 0,91							

Примечание: * $p < 0,01$ — достоверно относительно исходных данных; ГА — глазная артерия, ЦАС — центральная артерия сетчатки; лат. ЗКЦА — латеральная задняя короткая цилиарная артерия; мед. ЗКЦА — медиальная ЗКЦА; ЦВС — центральная вена сетчатки; ВГВ — верхняя глазная вена.

Note: * $p < 0,01$ — reliable relative to the baseline data; GA — ophthalmic artery, CRA — central retinal artery; lat. LSPCA — lateral posterior short ciliary artery; med. MCCA — medial MCCA; CRV — central retinal vein; SOV — superior ophthalmic vein.

Оценка состояния глазного кровотока. Анализ результатов исследования гемодинамики в ретробульбарных сосудах показал статистически недостоверное увеличение показателей V_{syst} в ГА, ЦАС и параневральных медиальных и латеральных ЗКЦА после проведения испытания (табл. 9, рис. 2–4). Следует отметить, что в этот период наблюдения изменений показателей скорости венозного кровотока в ЦВС и ВГВ не отмечалось. Однако регистрировалось статистически достоверное увеличение индекса периферического сопротивления и пульсационного индекса в ГА, ЦАС и лат. ЗКЦА ($p < 0,01$), что может свидетельствовать об изменении сосудистого тонуса (податливости сосудистой стенки) в системе ретикулярной и хориоидальной циркуляции глаза после проведения эксперимента.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Ранее нами были выполнены ЭФИ у участников 4-месячного (SIRIUS-19) и 8-месячного (SIRIUS-21) международных экспериментов с имитацией полетов на Луну.

После окончания 4-месячного эксперимента, по данным ЭФИ, отсутствовали статистически значимые изменения функциональной активности сетчатки и зрительной коры по сравнению с исходными данными. Однако у трех испытуемых были отмечены изменения ЗВП на реверсию мелких паттернов, которые характеризуют функциональную активность волокон парвоцеллюлярного канала зрительной системы и были связаны, на наш взгляд, с их физической

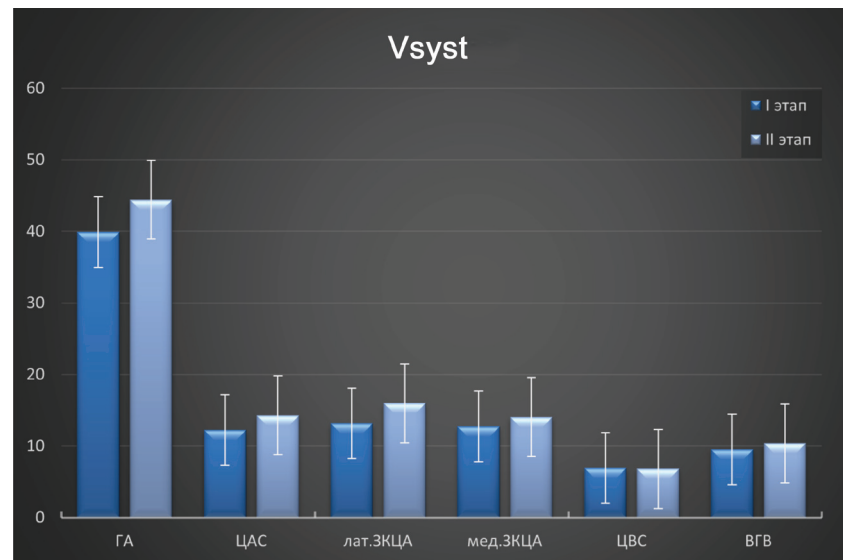


Рис. 2. Динамика показателей максимальной систолической скорости кровотока в сосудах глаза

Fig. 2. Dynamics of maximum systolic blood flow velocity in the vessels of the eye

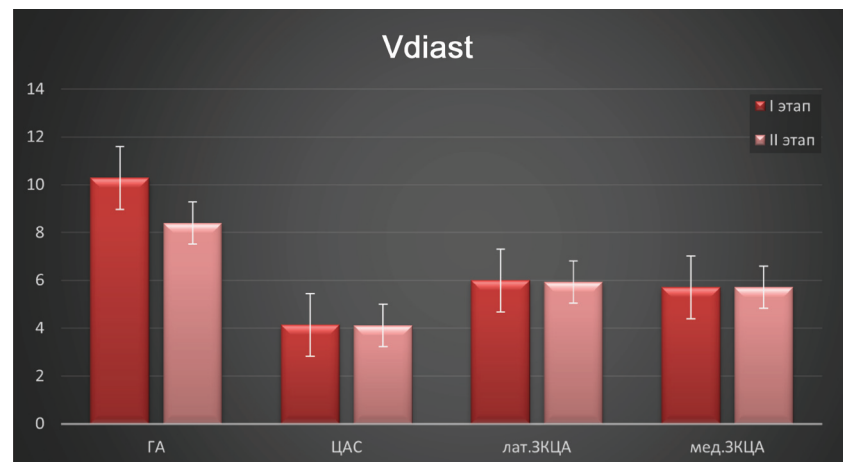


Рис. 3. Динамика показателей конечной диастолической скорости кровотока в сосудах глаза

Fig. 3. Dynamics of end-diastolic blood flow velocity in the vessels of the eye

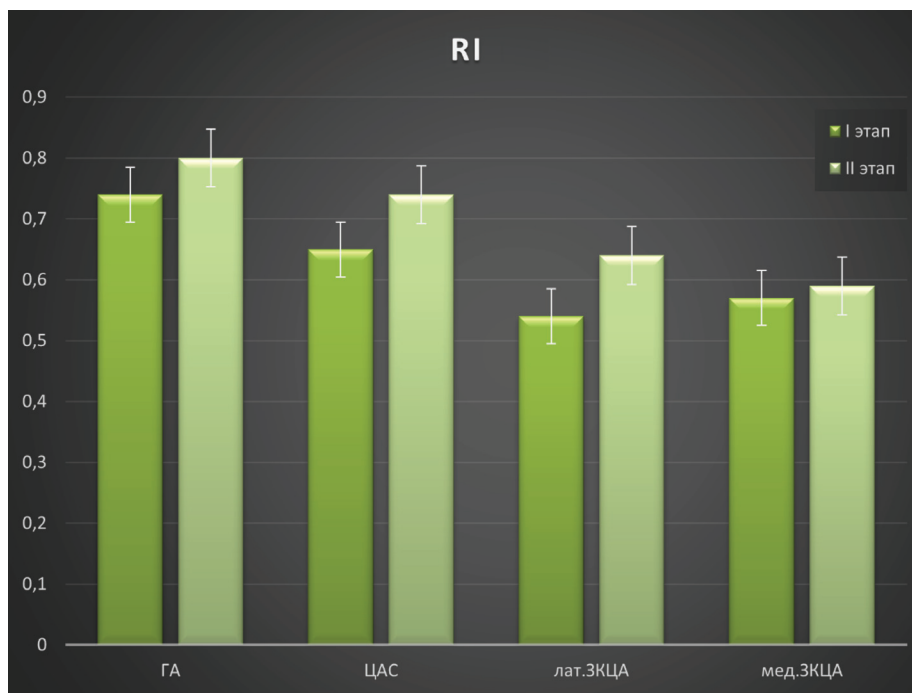


Рис. 4. Динамика индекса периферического сопротивления в сосудах глаза

Fig. 4. Dynamics of the peripheral resistance index in the vessels of the eye

активностью (бокс) и более высоким зрительно напряженным трудом (по протоколу испытаний), а также с индивидуальной реакцией на депривацию сна у испытуемых — командира и инженера команды, наделенных повышенной ответственностью [4].

ЭФИ, проведенное до и после 8-месячного изоляционного эксперимента SIRIUS-21, показало умеренное возрастание амплитуды компонентов ЭРГ, отражающих активность фоторецепторов и биполярных клеток, и небольшое снижение функции ГКС, которые могут быть связаны с реакцией зрительной сенсорной системы при адаптации испытуемых к физической и психоэмоциональной нагрузке в условиях эксперимента [12].

В 12-месячном эксперименте SIRIUS-23 гендерные различия так же, как и в более коротких испытаниях, были незначительными и не влияли на оценку динамики ЭРГ и ЗВП. Отсутствовали различия между показателями ЭФИ, полученными от правого и левого глаза. По результатам статистического анализа после завершения изоляционного эксперимента большинство временных и амплитудных параметров исследуемых биопотенциалов практически не отличалось от исходных фоновых значений. Однако для отдельных биопотенциалов установлены определенные тенденции изменений. Достоверно ($p < 0,05$) снизилась амплитуда РЭРГ на мелькания 30 и 12 Гц, хотя разница составила не более 3 мкВ.

Источником генерации стационарной ПЭРГ и N95 компонента транзистентной ПЭРГ является активность ГКС и их аксонов [10]. После завершения эксперимента у испытуемых зарегистрировано небольшое (на 2 мс)

сокращение пиковой латентности волны P50 и удлинение латентности N95 транзистентной ПЭРГ на паттерны 16° и 0,8°. Эти признаки специфически характерны для дисфункции ГКС. Кроме того, эти изменения временных параметров сопровождалось легким (на 2–4 мкВ) угнетением амплитуды волн P50 и N95 ПЭРГ. Изменения N95, отражающие активность аксонов ГКС, превышали угнетение P50, что привело к небольшому возрастанию индекса N95/P50. Таким образом, ПЭРГ указывает на легкую дисфункцию ГКС и их аксонов, принадлежащих как магноцеллюлярной, так и парвоцеллюлярной системам, но без органического поражения зрительных проводящих путей. Стационарная ПЭРГ показала небольшое возрастание медианы амплитуды ответов на стимулы всех размеров (разница статисти-

чески незначима). Наибольший положительный эффект отмечен для стимула с угловым размером 0,8° ($p = 0,1591$).

Исследование динамики параметров фотопического негативного ответа (ФНО) в ЭРГ на красный стимул различной силы, генерация которого зависит от импульсной активности не только ГКС, но и определенной субпопуляции импульсных амакриновых клеток, показало отсутствие статистически значимых изменений временных и амплитудных параметров биопотенциала, хотя документирована тенденция к возрастанию среднего значения амплитуды ФНО в ЭРГ на стимул средней силы 1,75 кд×с/м² ($p = 0,0576$).

После выхода из 12-месячной изоляции у всех членов экипажа обнаружено небольшое возрастание амплитуды P100 ЗВП на крупный паттерн и снижение P100 в ответе на мелкий паттерн, а также небольшие изменения времени кульминации, которые были статистически незначимы. Изменения ЗВП могут быть связаны с изменением социально-эмоционального восприятия при получении нового, сложного ситуационного опыта (см., например, [13]) во время длительной изоляции на гермообъекте.

Исследование гемодинамики в ретробульбарных сосудах показало статистически недостоверное увеличение показателей V_{syst} в ГА, ЦАС и параневральных медиальных и латеральных ЗКЦА после проведения испытания. Не отмечено изменений показателей скорости венозного кровотока в ЦВС и ВГВ. С другой стороны, выявлено статистически достоверное увеличение индекса периферического сопротивления и пульсационного

индекса в ГА, ЦАС и лат. ЗКЦА ($p < 0,01$). Это может свидетельствовать об изменении сосудистого тонуса (податливости сосудистой стенки) в системе ретиальной и хориоидальной циркуляции глаза после проведения испытания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

После завершения годового эксперимента временные и амплитудные параметры большинства исследуемых биопотенциалов у членов экипажа не отличались от исходных фоновых значений. Однако обнаружено небольшое снижение амплитуды РЭРГ на мелькания 30 и 12 Гц ($p < 0,05$). Характерные сочетания изменений пиковой латентности и амплитуды волн P50 и N95 транзистентной ПЭРГ свидетельствуют о легкой дисфункции ГКС и их аксонов, принадлежащих магноцеллюлярной и парвоцеллюлярной системам, но без органического поражения зрительных проводящих путей. Кроме того, обнаружена положительная тенденция к возрастанию амплитуды ФНО на стимул средней силы и амплитуды P100 компонента паттерн-ЗВП у всех членов экипажа после выхода

из изоляции. Отмеченные изменения могут отражать адаптацию зрительной сенсорной системы испытуемых к условиям эксперимента на борту искусственной станции и их социально-эмоциональное восприятие при получении сложного ситуационного опыта. С другой стороны, статистически достоверное увеличение индекса периферического сопротивления и пульсационного индекса в ГА, ЦАС и лат. ЗКЦА, свидетельствующее об изменении сосудистого тонуса в системе ретиальной и хориоидальной циркуляции глаза после 12-месячного эксперимента, может также являться фактором, влияющим на функциональную активность сетчатки.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Нероев В.В. — концепция, координация исследований;
 Котелин В.И. — электрофизиологические исследования, анализ данных, написание текста;
 Зуева М.В. — анализ литературы и полученных данных, написание текста;
 Манько О.М. — организация эксперимента на борту и обсуждение данных;
 Киселева Т.Н. — проведение ультразвуковой доплерографии, описание результатов;
 Алескерев А.М. — статистический анализ данных, обсуждение материала;
 Фадеев Д.В. — обработка результатов исследований;
 Колесников Д.Ю. — статистический анализ, иллюстрация результатов;
 Рамазанова К.А. — проведение ультразвуковой доплерографии, анализ данных.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Palinkas LA, Suedfeld P. Psychological effects of polar expeditions. *Lancet*. 2008;371(9607):153–163. doi: 10.1016/S0140-6736(07)61056-3.
- Садовничий ВА, Амелюшкин АМ, Ангелопулос В. Космические эксперименты на борту спутника МГУ «Ломоносов». *Космические исследования*. 2018;51(6):427–433. Sadovnichiy VA, Amelyushkin AM, Angelopoulos V. Space experiments aboard the Lomonosov MSU satellite. *Cosmic Research*. 2018;51(6):427–433 (In Russ.).
- Mogilever NB, Zuccarelli L, Burles F. Expedition Cognition: A review and prospective of subterranean neuroscience with spaceflight applications. *Front Hum Neurosci*. 2018;12:407. doi: 10.3389/fnhum.2018.00407.
- Нероев ВВ, Зуева МВ, Цапенко ИВ, Бубеев ЮА, Манько ОМ, Смолеевский АЕ, Алескерев АМ, Грачева МА. Функциональная активность сетчатки и зрительные вызванные корковые потенциалы при моделировании факторов космического полета в условиях четырехмесячной изоляции в гермообъекте с искусственной средой обитания. *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2021;76(5):488–496. doi: 10.15690/vramn1323. Neroev VV, Zueva MV, Tsapenko IV, Bubeev YuA, Manko OM, Smoleevsky AE, Aleskerov AM, Gracheva MA. Functional Activity of the Retina and Visual Evoked Cortical Potentials in Simulation the Factors of Space Flight in Conditions of Four Month Isolation in a Hermetic Object with Artificial Habitat. *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2021;76(5):488–496 (In Russ.). doi: 10.15690/vramn1323.
- Robson AG, Frishman LJ, Grigg J, Hamilton R, Jeffrey BG, Kondo M, Li S, McCulloch DL. ISCEV Standard for full-field clinical electroretinography (2022 update). *Doc Ophthalmol*. 2022;144(3):165–177. doi: 10.1007/s10633-022-09872-0.
- Frishman L, Sustar M, Kremers J, McAnany JJ, Sarossy M, Tzekov R, Viswanathan S. ISCEV extended protocol for the photopic negative response (PhNR) of the full-field electroretinogram. *Doc Ophthalmol*. 2018;136(3):207–211. doi: 10.1007/s10633-018-9638-x.
- Зуева МВ, Нероев ВВ, Цапенко ИВ, Сарыгина ОИ, Гринченко МИ, Зайцева СИ. Топографическая диагностика нарушений ретиальной функции при ретмагенной отслойке сетчатки методом ритмической ЭРГ широкого спектра частот. *Российский офтальмологический журнал*. 2009;1(2):18–23. Zueva MV, Neroev VV, Tsapenko IV, Sarygina OI, Grinchenko MI, Zaitseva SI. Topographic diagnostics of retinal function disorders in rhyematogenous retinal detachment by the method of rhythmic ERG of a wide range of frequencies. *Russian Ophthalmological Journal*. 2009;1(2):18–23 (In Russ.).
- Thompson DA, Bach M, McAnany JJ, Šuštar Habjan M, Viswanathan S, Robson AG. ISCEV standard for clinical pattern electroretinography (2024 update). *Doc Ophthalmol*. 2024;148(2):75–85. doi: 10.1007/s10633-024-09970-1.
- Bach M, Brigell MG, Hawlina M, Holder GE, Johnson MA, McCulloch DL, Meigen T, Viswanathan S. ISCEV standard for clinical pattern electroretinography (PERG): 2012 update. *Doc Ophthalmol*. 2013 Feb;126(1):1–7. doi: 10.1007/s10633-012-9353-y.
- Luo X, Frishman LJ. Retinal pathway origins of the pattern electroretinogram (PERG). *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2011 Nov 1;52(12):8571–8584. doi: 10.1167/iovs.11-8376.
- Odom JV, Bach M, Brigell M, Holder GE, McCulloch DL, Mizota A, Tormene AP. International Society for Clinical Electrophysiology of Vision. ISCEV standard for clinical visual evoked potentials: (2016 update). *Doc Ophthalmol*. 2016 Aug;133(1):1–9. doi: 10.1007/s10633-016-9553-y.
- Нероев ВВ, Цапенко ИВ, Котелин В.И., Зуева МВ, Манько ОМ, Алескерев АМ, Подъянов ДА. Электроретинографические исследования экипажа 8-месячного международного эксперимента SIRIUS 20/21. *Сенсорные системы*. 2023;37(2):152–161. doi: 10.31857/S0235009223020038. Neroev VV, Tsapenko IV, Kotelin VI, Zueva MV, Manko OM, Aleskerov AM, Podyanov DA. Electroretinographic studies of the crew of the 8-month international experiment SIRIUS 20/21. *Sensory systems*. 2023;37(2):152–161 (In Russ.). doi: 10.31857/S0235009223020038.
- Wieser MJ, Miskovic V, Keil A. Steady-state visual evoked potentials as a research tool in social affective neuroscience. *Psychophysiology*. 2016;53(12):1763–1775. doi: https://doi.org/10.1111/psyp.12768.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Нероев Владимир Владимирович
 академик РАН, профессор, директор
<https://orcid.org/0000-0002-8480-0894>

Котелин Владислав Игоревич
 кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела
 клинической физиологии зрения им. С.В. Кравкова
<https://orcid.org/0000-0003-4675-9648>

Зуева Марина Владимировна
 доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник, начальник
 отдела клинической физиологии зрения им. С.В. Кравкова, ведущий научный
 сотрудник лаборатории «Физиология и психофизиология зрительной системы»
<https://orcid.org/0000-0002-0161-5010>

ABOUT THE AUTHORS

Neroev Vladimir V.
 MD, Professor, Academician, director
<https://orcid.org/0000-0002-8480-0894>

Kotelin Vladislav I.
 PhD, senior research fellow of the S.V. Kravkov Department
 of Clinical Physiology of Vision
<https://orcid.org/0000-0003-4675-9648>

Zueva Marina V.
 MD (Biol.), Professor, head of S.V. Kravkov Department
 of Clinical Physiology of Vision; leading researcher of the Laboratory
 "Physiology and Psychophysiology of the Visual System"
<https://orcid.org/0000-0002-0161-5010>

Манько Ольга Михайловна
доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник, руководитель
лаборатории «Физиология и психофизиология зрительной системы»
<https://orcid.org/0000-0002-0048-0425>

Киселева Татьяна Николаевна
доктор медицинских наук, профессор, начальник отдела
ультразвуковых исследований
<https://orcid.org/0000-0002-9185-6407>

Алескеров Ахмед Магомедалиевич
младший научный сотрудник лаборатории «Физиология
и психофизиология зрительной системы»
<https://orcid.org/0000-0003-0807-7734>

Фадеев Денис Владимирович
научный сотрудник Научного экспериментального центра
<https://orcid.org/0000-0003-1858-2005>

Колесников Дмитрий Юрьевич
ведущий специалист научной лаборатории «Психологические
и психофизиологические исследования профессиональной деятельности»
<https://orcid.org/0009-0004-6130-9770>

Рамазанова Камилла Ахмедовна
врач-офтальмолог, кандидат медицинских наук,
заведующая отделением ультразвуковой диагностики
<https://orcid.org/0000-0002-2635-4291>

Manko Olga M.
MD, leading researcher, head of the Laboratory “Physiology
and Psychophysiology of the Visual System”
<https://orcid.org/0000-0002-0048-0425>

Kiseleva Tatyana N.
MD, Professor, head of the Department of Ultrasound Research
<https://orcid.org/0000-0002-9185-6407>

Aleskerov Ahmed M.
junior researcher, Laboratory “Physiology and Psychophysiology
of the Visual System”
<https://orcid.org/0000-0003-0807-7734>

Fadeev Denis V.
researcher at the Scientific Experimental Center
<https://orcid.org/0000-0003-1858-2005>

Kolesnikov Dmitry Yu.
leading specialist of the scientific laboratory “Psychological
and Psychophysiological Studies of Professional Activity”
<https://orcid.org/0009-0004-6130-9770>

Ramazanova Kamilla A.
ophthalmologist, PhD, head of the Ultrasound Diagnostics Department
<https://orcid.org/0000-0002-2635-4291>

Ячмень или халязион?

Дифференциально-диагностические критерии

В.Н. Трубилин¹Е.Г. Полунина¹А.В. Трубилин¹Е.В. Кечин²Д.В. Анджелова³, А.В. Филоненко⁴, Т.А. Привезенцева⁵

¹ Академия постдипломного образования ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр»
Федерального медико-биологического агентства
Волоколамское шоссе, 91, Москва, 125371, Российская Федерация

² ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
Бескудниковский бульвар, 59а, Москва, 127486, Российская Федерация

³ ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней имени М.М. Краснова»
ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация

⁴ ГБУЗ НО «Городская клиническая больница № 12» Сормовского района г. Нижнего Новгорода
ул. Павла Мочалова, 8, Нижний Новгород, 603003, Российская Федерация

⁵ Клиника семейной офтальмологии профессора Трубилина
ул. Маршала Рыбалко, 2, корп. 6, Москва, 123060, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2026;23(1):101–108

Обзор данных литературы свидетельствует о необходимости проведения дополнительных исследований, которые позволят повысить эффективность лечения ячменя и халязиона, — в частности, определить объективные показатели перехода ячменя в халязион на базе инструментальных исследований, а также изучить связь вышеуказанных патологических процессов с сопутствующими патологиями, такими как острые респираторные заболевания и синдромом сухого глаза. Проведенное исследование позволило разработать алгоритм дифференциальной диагностики ячменя и халязиона: ячмень — острый воспалительный процесс сальных желез Цейса (наружный) и мейбомиевых желез (внутренний), в 55,2 % случаев формируется на фоне переохлаждения и/или ОРВИ, купируется на фоне местного применения антибиотиков и кортикостероидов в 65,5 % случаев на сроке наблюдения 7–14 дней, в 34,5 % случаев переходит в стадию хронического воспаления — вторичный халязион. Вторичный халязион — переход остро воспалительного процесса в хронический на сроке наблюдения 14–30 дней (формирование капсулы), что сопровождается повышением его плотности и скорости кровотока по данным УЗИ; первичный халязион определяется в 3 раза реже, чем первичный халязион вследствие нарушения оттока секрета из мейбомиевых желез без признаков острого воспаления. Данные корреляционного анализа показали, что чем дольше сохраняется халязион, тем плотнее становится его капсула и тем в большей степени нарушается кровообращение в зоне его локализации. Полученные в ходе исследования показатели могут стать предпосылкой для формирования у практикующих врачей концептуального видения этиопатогенеза формирования ячменя и халязиона, что, в свою очередь, способствует назначению своевременных адекватных методов лечения, включая последовательное применение местной лекарственной терапии, интракапсулярных инъекций глюкокортикоидов, хирургического удаления халязиона, а также назначения профилактического лечения в виде гигиены век и других физиотерапевтических процедур на этапе купирования данного патологического процесса.

Ключевые слова: ячмень, халязион, блефарит, глазная поверхность, заболевания век, факторы риска, УЗИ

Для цитирования: Трубилин В.Н., Полунина Е.Г., Трубилин А.В., Кечин Е.В., Анджелова Д.В., Филоненко А.В., Привезенцева Т.А. Ячмень или халязион? Дифференциально-диагностические критерии. *Офтальмология*. 2026;23(1):101–108. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-101-108>

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

Конфликт интересов отсутствует.



Stye or Chalazion? Differential Diagnostic

V.N. Trubilin¹, E.G. Polunina¹, A.V. Trubilin¹, E.V. Kechin², D.V. Andzhelova³, A.V. Filonenko⁴, T.A. Privezentseva⁵

¹Academy of postgraduate education of FMBA of Russia
Volokolamskoye highway, 91, Moscow, 125371, Russian Federation

²S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Beskudnikovskiy Blvd, 59a, Moscow, 127486, Russian Federation

³Krasnov Research Institute of Eye Diseases
Rossolimo str., 11a, b, Moscow, 119021, Russian Federation

⁴City Clinical Hospital No. 12 of Sormovsky District of Nizhny Novgorod
Pavel Mochalov str., 8, Nizhny Novgorod, 603003, Russian Federation

⁵Professor Trubilin's Family Ophthalmology Clinic
Marshal Rybalko str., 2, bldg. 6, Moscow, 123060, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2026;23(1):101–108

A review of the literature data indicates the need for additional research to improve the effectiveness of barley and chalazion treatment, in particular to determine objective indicators of barley transition to chalazion based on instrumental studies, and to study the relationship of the above pathological processes with concomitant pathologies, in particular, acute respiratory diseases and dry eye syndrome. The conducted study allowed us to develop an algorithm for differential diagnosis of barley and chalazion: barley is an acute inflammatory process of the sebaceous glands of Zeiss (external) and meibomian (internal), in 55.2 % of cases it develops against the background of hypothermia and/or acute respiratory viral infections, is stopped by local use of antibiotics and corticosteroids in 65.5 % of cases during an observation period of 7–14 days, in 34.5 % of cases it passes into the stage of chronic inflammation — secondary chalazion; A secondary chalazion is the transition of an acute inflammatory process to a chronic one over an observation period of 14 to 30 days (capsule formation), accompanied by an increase in its density and blood flow velocity, as determined by ultrasound. A chalazion is detected three times less frequently than a primary chalazion due to a disruption of the secretion of the meibomian glands without signs of acute inflammation. Correlation analysis data showed that the longer the chalazion persists, the denser its capsule becomes and the more severe the impairment of blood circulation in the area. The data obtained during the study can serve as a basis for developing a conceptual understanding of the etiopathogenesis of styes and chalazions in practicing physicians. This, in turn, will facilitate the appointment of timely and adequate treatment methods, including the consistent use of local drug therapy, intracapsular glucocorticoid injections, surgical removal of the chalazion, as well as the appointment of preventive treatment in the form of eyelid hygiene and other physiotherapeutic procedures at the stage of stopping this pathological process.

Keywords: barley, chalazion, blepharitis, ocular surface, eyelid diseases, risk factors

For citation: Trubilin V.N., Polunina E.G., Trubilin A.V., Kechin E.V., Andzhelova D.V., Filonenko A.V., Privezentseva T.A. Stye or Chalazion? Differential Diagnostic. *Ophthalmology in Russia*. 2026;23(1):101–108. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-101-108>

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

There is no conflict of interests.

Ячмень и халязион — патологические процессы, которые не только вызывают дискомфортные и болевые ощущения, но и могут стать причиной выраженного эмоционального дисбаланса у пациентов, так как они затрагивают веки, следовательно, вызывают косметический дефект. Так, исследования, проведенные дерматологами, в которых изучали влияние акне у пациентов с угревой сыпью на качество жизни, выявили повышение уровня тревожности, связанной с внешним видом, а также дисморфофобию [1, 2]. В большей степени нарушения психоэмоционального характера определены у женщин по сравнению с мужчинами, а также у подростков [3]. Отдельный вклад в снижение уровня самооценки, связанной с косметическими дефектами, вносят социальные сети, которые пропагандируют «идеальное лицо» [4–6]. Своевременное эффективное лечение заболеваний, приводящих к дефектам внешности, может

повысить качество жизни пациентов с дерматологическими заболеваниями, в частности с угревой сыпью [7]. Учитывая тот факт, что угревая сыпь характеризуется воспалением сальных желез и часто сопровождается развитием ячменя и/или халязиона, данные вышеуказанных исследований можно экстраполировать на аналогичные показатели и у этой группы пациентов.

Несмотря на то что ячмень и халязион широко распространены и практически каждый офтальмолог регулярно консультирует таких пациентов не только в условиях клиники, но и в онлайн-режиме, значительное число вопросов, связанных с данной патологией, остается открытым [8, 9].

Обзор литературных источников свидетельствует об отсутствии однозначного понимания в отношении дифференцировки понятий «ячмень» и «халязион». Ячмень — острый воспалительный процесс, затрагивающий

сальные железы Цейса (наружный ячмень) и мейбомиевы железы (внутренний ячмень). Халязион — хронический патологический процесс, формирующийся в мейбомиевых железах. Существует несколько вариантов формирования халязиона: переход острого воспалительного процесса в хронический, сопровождающийся уплотнением и формированием капсулы; халязион может возникнуть первично, минуя стадию острого воспаления, вследствие нарушения оттока из сальной железы по принципу формирования атеромы (киста сальной железы) [10, 11].

В научной литературе описаны различные способы визуализации мейбомиевых желез *in vivo*, к которым относят мейбографию, конфокальную биомикроскопию, оптическую когерентную томографию, ультразвуковую биомикроскопию [10, 12, 13]. Однако отсутствуют объективные данные, позволяющие дифференцировать фазу перехода острого воспалительного процесса в хронический в зависимости от показателей плотности и кровообращения век. Отсутствие четких дифференциально-диагностических критериев, позволяющих определить, на каком этапе формируется халязион, а именно его капсула, не дает возможности назначать адекватную эффективную терапию в соответствующие сроки. Подобная информация может позволить скорректировать тактику лечения, определив показания для проведения терапевтического лечения (местное применение антибиотиков и кортикостероидов), интракапсулярного введения пролонгированных глюкокортикоидов, а также поможет обозначить временные рамки выполнения хирургического лечения. Эффективная терапия халязиона, в свою очередь, снизит риск формирования дефекта на поверхности века в виде рубцовой ткани или депигментации на коже века, что может стать предпосылкой для снижения психоэмоционального дискомфорта [14].

Важным аспектом, недостаточно изученным в настоящее время при диагностике ячменя, является его связь с переохлаждением и острой респираторной вирусной инфекцией, которая затрагивает иммунную систему и верхние дыхательные пути, а также с синдромом сухого глаза. Известно, что основной причиной синдрома сухого глаза (ССГ) является дисфункция мейбомиевых желез (ДМЖ), однако отсутствуют данные, в каком проценте случаев у пациентов с ССГ развивается ячмень или халязион [15]. Отдельные исследования свидетельствуют о наличии связи аллергического ринита с заболеваниями век, к которым относят ячмень и халязион [16–18], что важно учитывать при лечении данной группы пациентов с точки зрения применения антигистаминной терапии.

Таким образом, обзор данных литературы свидетельствует о необходимости проведения дополнительных исследований, которые позволят повысить эффективность лечения ячменя и халязиона, — в частности, определить объективные показатели перехода ячменя

в халязион на базе инструментальных исследований, а также изучить связь вышеуказанных патологических процессов с сопутствующими патологиями, такими как острые респираторные заболевания и синдромом сухого глаза.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

В исследование включены 65 пациентов с диагнозом «ячмень» (гордеолум) и «халязион», поставленными в соответствии с МКБ-10 (H00.0 — гордеолум и другие глубокие воспаления век, H00.1 — халязион). Диагноз «ячмень» поставлен у 29 пациентов, диагноз «вторичный халязион» (сформировавшийся после ячменя) — у 27, диагноз «первичный халязион» — у 9. Критерии не включения: острые воспалительные заболевания глазной поверхности, нарушение целостности эпителия роговицы, ранний послеоперационный период после офтальмохирургического вмешательства, глаукома, наличие интраокулярных патологических изменений (гемофтальм, отслойка оболочек глаза, новообразования), воспалительные заболевания сосудистой оболочки глаза: иридоциклит, увеит. Критерии исключения: несоблюдение протокола исследования. Срок наблюдения пациентов составил от 2 дней до 6 месяцев.

Всем пациентам проведено стандартное офтальмологическое исследование, которое включало сбор анамнеза на первичном приеме, предполагающий фиксацию данных в разработанном в ходе исследования опроснике сопутствующей патологии, такой как наличие острого респираторного заболевания на этапе возникновения ячменя или халязиона, и возможной связи воспалительного процесса на веках с переохлаждением. Кроме того, проводили оценку состояния слезопродукции и определяли степень выраженности синдрома сухого глаза по классификации А.В. Трубилина и соавт. [19], которая выделяет слабую, среднюю и тяжелую степени течения ССГ. В качестве стандартизированных критериев определения состояния слезопродукции применяли данные, полученные при обследовании пациентов на щелевой лампе MediWorks: время разрыва слезной пленки, толщина липидного слоя слезной пленки, степень выраженности гиперемии бульбарной конъюнктивы.

Всем пациентам, вошедшим в исследование, для оценки гемодинамических показателей в русле слезной артерии выполняли цветное доплеровское картирование (ЦДК), определяли систолическую (V_s), диастолическую (V_d) скорость кровотока, а также индекс резистентности (R_i). ЦДК осуществляли транспальпебральным методом при помощи многофункционального ультразвукового диагностического прибора VOLUSON-E8 (Expert) с использованием линейного датчика 11L частотой 10–16 МГц. Определяли плотность ячменя или халязиона. В качестве исходного эталона акустической плотности склеры (эхогенность) применяли показатели плотности склеры, которые составили 135–160 УЕ.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Первичные данные заносили в электронную таблицу Microsoft Excel, обработку данных проводили с использованием языка программирования Python 3 и прикладных библиотек Pandas, SciPy и scikit-posthocs. Характер распределения данных оценивали с использованием критерия Шапиро — Уилка. Сравнение количественных данных между тремя независимыми выборками проводили с использованием критерия Краскела — Уоллиса с последующим попарным сравнением с применением критерия Данна с поправкой

Бонферрони. Сравнение качественных признаков между независимыми группами проводили с использованием критерия Хи-квадрат и точного критерия Фишера, при попарном сравнении в случае трех и более групп применяли поправку Бонферрони. Корреляционный анализ проводили с использованием корреляции Спирмена, силу связи интерпретировали по шкале Чеддока (по абсолютным значениям): 0,1–0,3 — слабая сила связи, 0,3–0,5 — умеренная сила, 0,5–0,7 — средняя сила, 0,7–0,9 — высокая сила, 0,9–1,0 — очень высокая сила. Результаты представлены в виде Me (Q1; Q3), где Me — медиана, Q1 и Q3 — нижний и верхний квартили соответственно; в виде $M \pm SD$, где M — среднее значение, SD — стандартное отклонение, а также в виде абсолютных значений и процентов; рассчитывали минимальное (Min) и максимальное (Max) значения. Статистически значимыми принимали различия, при которых p имело значение менее 0,05 ($p < 0,05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе исследования определяли связь манифестации ячменя и халязиона по данным анамнеза с ОРВИ и/или переохлаждением. Определено, что ячмень возникал на фоне ОРВИ и/или переохлаждения у 55,2 % пациентов, у 63,0 % пациентов — с вторичным халязионом, сформированным как исход ячменя, при этом данный патологический процесс не был связан с формированием первичного халязиона ни в одном случае. Исследование показало, что у пациентов с ячменем и вторичным халязионом статистически значимо чаще встречаются ОРВИ и/или переохлаждение в анамнезе, чем у пациентов с первичным халязионом ($p < 0,05$). При этом частота встречаемости между ячменем и вторичным халязионом статистически значимо не различалась ($p > 0,05$) (рис. 1).

Следовательно, ячмень и образовавшийся вследствие его трансформации вторичный халязион в 59,1 % случаев формируются на фоне ОРВИ и/или переохлаждения, что, соответственно, связано со снижением иммунного статуса пациента. Полученные данные могут иметь принципиальное значение для понимания пациентом механизма развития данного заболевания и его мотивации с точки зрения приверженности лечению. В частности, это касается соблюдения температурного режима: не переохлаждаться и не перегреваться до полного купирования

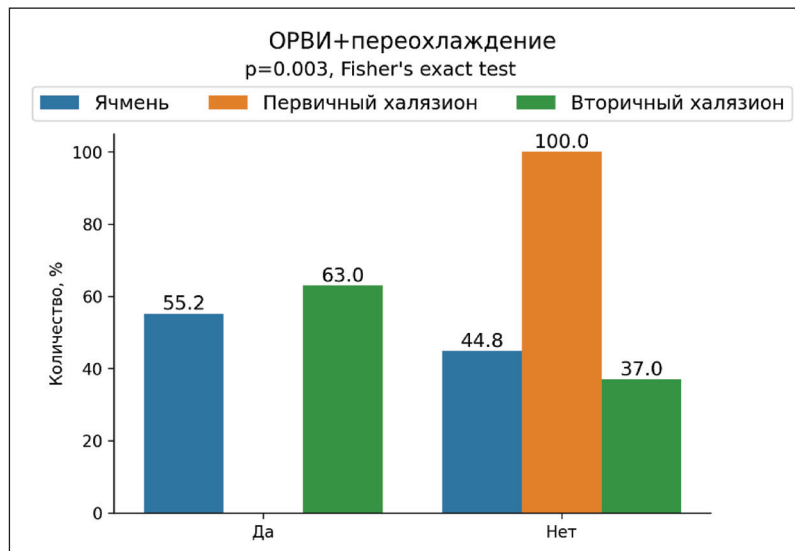


Рис. 1. Распределение пациентов по наличию в анамнезе ОРВИ и/или переохлаждения в исследуемых группах

Fig. 1. Distribution of patients by the presence of acute respiratory viral infections and/or hypothermia in the study groups

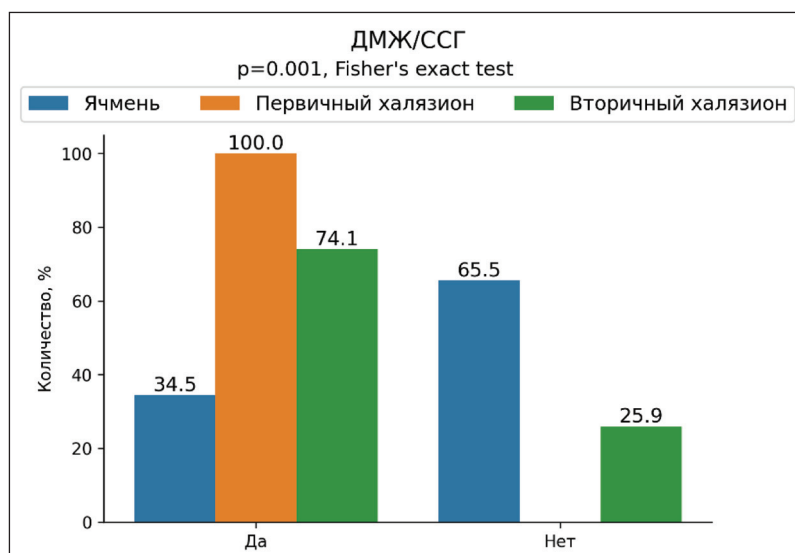


Рис. 2. Распределение пациентов по наличию ДМЖ/ССГ в исследуемых группах

Fig. 2. Distribution of patients by the presence of DMG/DES in the study groups

воспалительного процесса на веках. Кроме того, купирование острого воспалительного процесса при ячмене на фоне использования местной лекарственной антибактериальной и стероидной терапии отмечено у 65,5 % пациентов (19 человек), следовательно, в 34,5 % случаев ячмень переходил в состояние хронического воспаления — вторичный халязион.

Выявлено, что у пациентов с ячменем ДМЖ/ССГ встречаются статистически значимо реже, чем у пациентов с первичным и вторичным халязионом ($p < 0,05$). При этом частота встречаемости ДМЖ/ССГ у пациентов с первичным и вторичным халязионом статистически значимо не различается ($p > 0,05$) (рис. 2).

Пациенты с ячменем, первичным и вторичным халязионом статистически значимо различались по степени тяжести ССГ ($p < 0,05$). Средняя и тяжелая степень ССГ достоверно чаще определялись у пациентов с первичным и вторичным халязионом по сравнению с пациентами с диагнозом «ячмень» (рис. 3).

Следовательно, риск формирования халязиона в значительной степени возрастает у пациентов с ССГ, особенно при его средней и тяжелой степени, в то время как пациенты с отсутствием данного фонового заболевания в большей степени склонны к полному излечению на этапе купирования острого воспалительного процесса.

На следующем этапе исследования проведен сравнительный анализ гемодинамических показателей и плотности зоны ячменя и халязиона. Выявлено, что значение показателя V_s (систолическая скорость кровотока) у пациентов с ячменем статистически значимо меньше, чем у пациентов с первичным и вторичным халязионом ($p < 0,05$). При этом значения показателя V_s у пациентов с первичным и вторичным халязионом статистически значимо не различаются ($p > 0,05$) (рис. 4). Полученные данные позволяют сделать предположение, что повышение скорости кровотока у пациентов с халязионом связано с сужением сосудов вследствие механического воздействия формирующейся или уже сформированной капсулы халязиона. Данная информация также демонстрирует необходимость проведения своевременного хирургического вмешательства при длительно сохраняющемся на веке халязионе с целью его удаления, так как нарушение гемодинамических показателей может

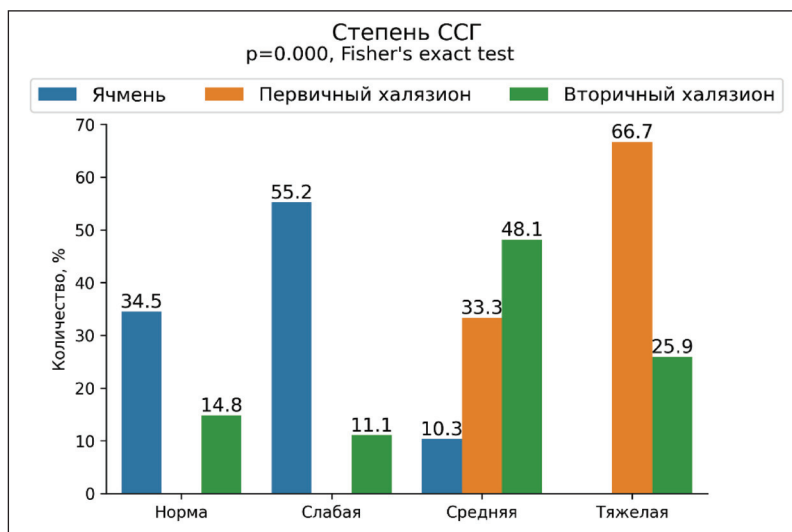


Рис. 3. Распределение пациентов по степени тяжести ССГ в исследуемых группах

Fig. 3. Distribution of patients of dry eye syndrome severity in the study groups

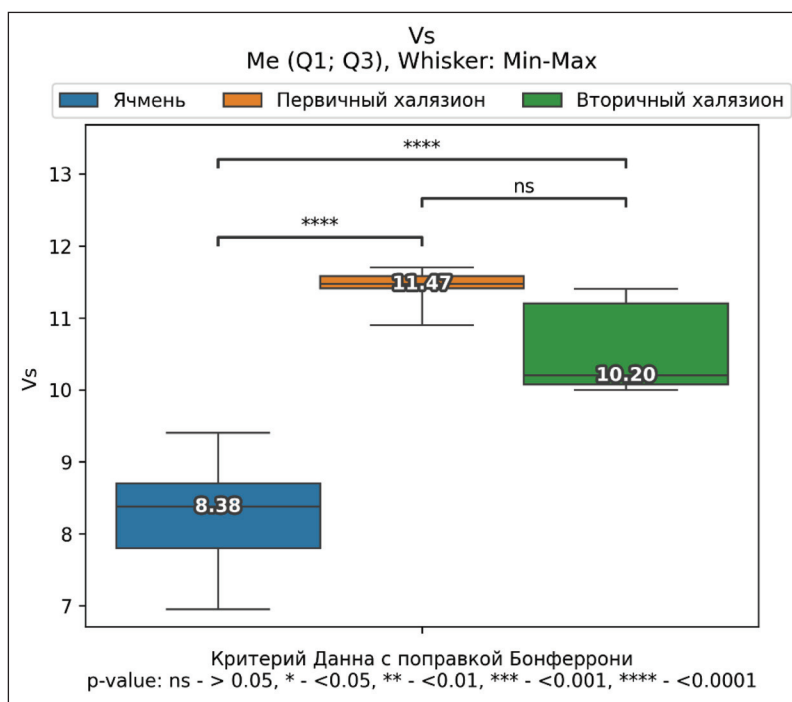


Рис. 4. Данные V_s в исследуемых группах

Fig. 4. Data V_s in the study groups

привести к снижению функциональных показателей рядом расположенных желез вследствие гипоксии.

Оценка диастолической скорости кровотока показала, что V_d у пациентов с первичным халязионом статистически значимо больше, чем у пациентов с ячменем и вторичным халязионом ($p < 0,05$, критерий Данна с поправкой Бонферрони). При этом между группами пациентов с ячменем и вторичным халязионом данные V_d статистически значимо не различаются ($p > 0,05$,

критерий Данна с поправкой Бонферрони). Данные Ri статистически значимо не различаются между тремя исследуемыми группами (ячмень, первичный и вторичный халязион) ($p > 0,05$).

Важное значение для дифференциальной диагностики ячменя и халязиона имеет его плотность, так

как изменение этого показателя характеризует формирование капсулы халязиона. Установлено, что значение плотности у пациентов с ячменем статистически значимо меньше, чем у пациентов с первичным и вторичным халязионом ($p < 0,05$). Однако при первичном и вторичном халязионе статистически значимых различий не выявлено ($p > 0,05$) (рис. 5).

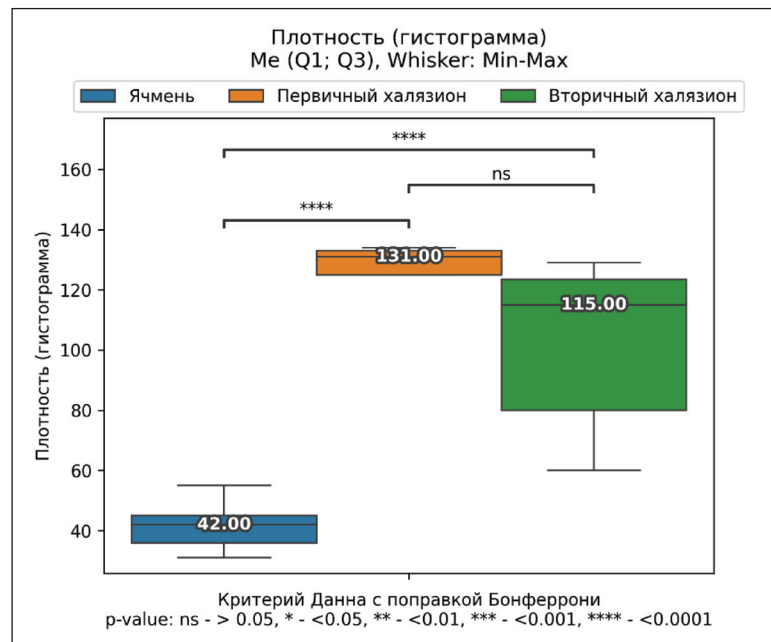


Рис. 5. Данные плотности века в зоне ячменя и халязиона в исследуемых группах

Fig. 5. Eyelid density data in the barley and chalazion zone in the study groups

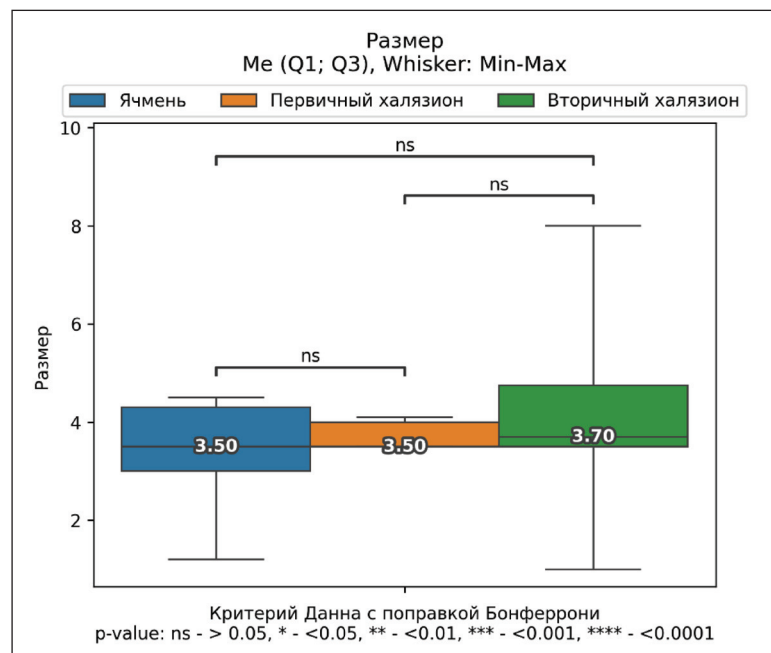


Рис. 6. Данные размера ячменя и халязиона в исследуемых группах

Fig. 6. Data on the size of barley and chalazion in the study groups

При этом анализ данных, полученных относительно значения размера ячменя, первичного и вторичного халязиона, показал, что статистически значимых отличий не было ($p > 0,05$) (рис. 6).

У пациентов в объединенной группе (ячмень, первичный и вторичный халязион) выявлена статистически значимая корреляционная связь между плотностью очага и параметрами Vs (прямая очень высокой силы связь), Vd (прямая средней силы связь), Ri (обратная слабой силы связь), а также с длительностью патологического процесса (прямая высокой силы связь) ($p < 0,05$) (рис. 7).

У пациентов с ячменем выявлена статистически значимая корреляционная связь между плотностью ячменя и халязиона и параметрами Vs (прямая очень высокой силы связь), Vd (прямая высокой силы связь), Ri (обратная высокой силы связь), а также с длительностью патологического процесса (прямая умеренной силы связь) ($p < 0,05$, корреляция по Спирмену) (рис. 8).

Полученные в ходе корреляционного анализа результаты проиллюстрировали ранее полученные данные, свидетельствующие о том, что чем дольше сохраняется халязион, тем плотнее становится его капсула и тем в большей степени нарушается кровообращение в зоне его локализации.

Разработанный на базе данных исследования алгоритм дифференциальной диагностики ячменя и халязиона представлен на рисунке 9.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволило разработать алгоритм дифференциальной диагностики ячменя и халязиона: ячмень — острый воспалительный процесс сальных желез Цейса (наружный) и мейбомиевых желез (внутренний) — в 55,2 % случаев формируется на фоне переохлаждения и/или ОРВИ, купируется на фоне местного применения антибиотиков и кортикостероидов в 65,5 % случаев на сроке наблюдения 7–14 дней, в 34,5 % случаев переходит в стадию хронического воспаления — вторичный халязион.

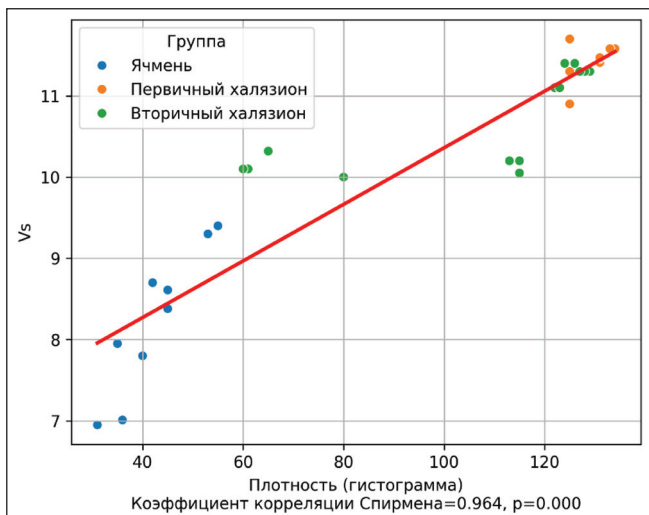


Рис. 7. Зависимость между плотностью ячменя и халязиона и параметром Vs в объединенной группе у пациентов с ячменем, первичным и вторичным халязионом

Fig. 7. The relationship between the barley and chalazion density and the Vs parameter in the combined group of patients with barley, primary and secondary chalazion

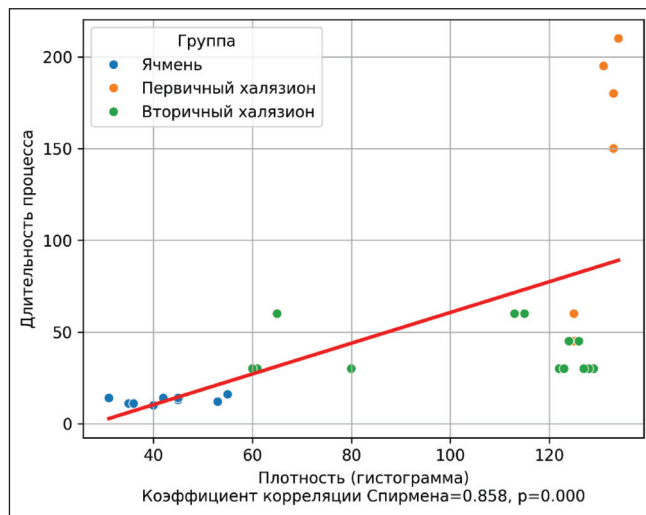


Рис. 8. Зависимость между плотностью ячменя и халязиона и длительностью патологического процесса (в днях) в объединенной группе пациентов с ячменем, первичным и вторичным халязионом

Fig. 8. The relationship between the barley and chalazion density and the duration of the pathological process (in days) in a combined group of barley, primary and secondary chalazion



Рис. 9. Алгоритм дифференциальной диагностики ячменя и халязиона

Fig. 9. Algorithm for differential diagnosis of barley and chalazion

Вторичный халязион — переход острого воспалительного процесса в хронический на сроке наблюдения 14–30 дней (формирование капсулы), что сопровождается повышением его плотности и скорости кровотока по данным УЗИ. Первичный халязион определяется в 3 раза

реже, чем первичный халязион, возникший вследствие нарушения оттока секрета мейбомиевых желез без признаков острого воспаления. Данные корреляционного анализа показали, что чем дольше сохраняется халязион, тем плотнее становится его капсула и тем в большей

степени нарушается кровообращение в зоне его локализации. Полученные в ходе исследования показатели могут стать предпосылкой для формирования у практикующих врачей концептуального видения этиопатогенеза ячменя и халязиона, что, в свою очередь, поспособствует назначению своевременных адекватных методов лечения, включая последовательное применение местной лекарственной терапии, интракапсулярных инъекций глюкокортикоидов, хирургическое удаление халязиона, а также

назначение профилактического лечения в виде гигиены век и других физиотерапевтических процедур на этапе купирования данного патологического процесса.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Трубилин В.Н. — научное редактирование;
Полунина Е.Г. — сбор и обработка материала, написание текста;
Трубилин А.В. — сбор и обработка материала;
Кечин Е.В. — сбор и обработка материала;
Анджелова Д.В. — сбор и обработка материала;
Филоненко А.В. — сбор и обработка материала, написание текста;
Привезенцева Т.А. — сбор и обработка материала.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Jisa TA, Rahat MTI, Sumi MSA, Sultana N, Sarker JK, Nurejannath M, Kibria MK. Prevalence of Acne and Its Impact on Quality of Life, Social Appearance Anxiety and Treatment Practices Among Young Adults. *J Cosmet Dermatol*. 2026 Jan;25(1):e70654. doi: 10.1111/jocd.70654.
- Muzaffar KH, Halilu HB, Dantata BA, Saati SM, Salah LA. Prevalence of Anxiety, Depression, and Body Dysmorphic Disorders Among Dermatology Outpatients With Acne Vulgaris at a Public Hospital in Saudi Arabia. *Cureus*. 2024 Jul 19;16(7):e64917. doi: 10.7759/cureus.64917.
- Li V, Frasier K, Woolhiser E, Daly K, Christoforides S et al. European Society for Dermatology and Psychiatry (ESDaP) Study collaborators. A cross-sectional study on gender differences in body dysmorphic concerns in patients with skin conditions in relation to sociodemographic, clinical and psychological variables. *J Eur Acad Dermatol Venereol*. 2025 Apr;39(4):823–832. doi: 10.1111/jdv.20247.
- Rieder EA, Andriessen A, Cutler V, Gonzalez ME, Greenberg JL, Lio P, Love EM, Park JH, Andriessen H, Phillips KA. Dermatology in Contemporary Times: Building Awareness of Social Media's Association With Adolescent Skin Disease and Mental Health. *J Drugs Dermatol*. 2023 Aug 1;22(8):817–825. doi: 10.36849/jdd.7596.
- Bell K, Zayed E, Ireland E, Reyes E. Unseen Impacts: Rural Adolescents' Self-Perception and Mental Health in the Age of Dermatology-Related Social Media. *Cureus*. 2025 Sep 17;17(9):e92591. doi: 10.7759/cureus.92591.
- Jiménez-García AM, Arias N, Hontanaya EP, Sanz A, García-Velasco O. Impact of body-positive social media content on body image perception. *J Eat Disord*. 2025 Jul 25;13(1):153. doi: 10.1186/s40337-025-01286-y.
- Østergaard CES, Bertelsen T, Lomholt H, Kofoed K, Gyldenløve M. Akne [Acne]. *Ugeskr Laeger*. 2025 Mar 31;187(14):V09240660. Danish. doi: 10.61409/V09240660.
- Ozer PA, Gurkan A, Kurtul BE, Kibatlas EU, Beken S. Comparative Clinical Outcomes of Pediatric Patients Presenting With Eyelid Nodules of Idiopathic Facial Aseptic Granuloma, Hordeola, and Chalazia. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*. 2016 Jul 1;53(4):206–211. doi: 10.3928/01913913-20160511-03.
- Weller JM, Messmer E. Focus on Ophthalmopathy — Orbital Infections from Hordeolum to Necrotizing Fasciitis. *Klin Monbl Augenheilkd*. 2022 Jul;239(7):886–893. English, German. doi: 10.1055/a-1709-6152.
- Трубилин АВ, Трубилин ВН, Полунина ЕГ, Коновалов МЕ, Филоненко АВ, Привезенцева ТА. Ячмень и халязион. Современный взгляд на проблему. Обзор литературы. *Офтальмология*. 2025;22(4):732–740. doi: 10.18008/1816-5095-2025-4-732-740.
- Trubilin AV, Trubilin VN, Polunina EG, Kononov ME, Filonenko AV, Privezentseva TA. Barley and Chalazion: A Modern Approach to the Problem. Literature Review. *Ophthalmology in Russia*. 2025;22(4):732–740 (In Russ.). doi: 10.18008/1816-5095-2025-4-732-740.
- Трубилин ВН, Полунина ЕГ, Анджелова ДВ, Евстигнеева ЮВ, Чиненова КВ, Курмар В, Пожарицкий МД. Алгоритм лечения мейбомии, ячменя и халязиона. *Офтальмология*. 2019;16(4):515–521. doi: 10.18008/1816-5095-2019-4-515-521.
- Trubilin VN, Polunina EG, Andzhelova DV, Evstigneeva YuV, Chinenova KV, Kumar V, Pozharitsky MD. Algorithm for the treatment of meibomitis, barley, and chalazion. *Ophthalmology*. 2019;16(4):515–521 (In Russ.). doi: 10.18008/1816-5095-2019-4-515-521.
- Robin M, Liang H, Baudouin C, Labbé A. Les techniques d'imagerie in vivo des glandes de Meibomius : une revue de la littérature [In vivo Meibomian gland imaging techniques: A review of the literature (French translation of the article)]. *J Fr Ophtalmol*. 2020 Jun;43(6):484–493. French. doi: 10.1016/j.jfo.2019.10.009.
- Gulmez Sevim D, Gumus K, Unlu M. Reliable, Noncontact Imaging Tool for the Evaluation of Meibomian Gland Function: Sirius Meibography. *Eye Contact Lens*. 2020 Mar;46 Suppl 2:S135–S140. doi: 10.1097/ICL.0000000000000651.
- Greydanus DE, Azme R, Cabral MD, Dickson CA, Patel DR. Acne in the first three decades of life: An update of a disorder with profound implications for all decades of life. *Dis Mon*. 2021 Apr;67(4):101103. doi: 10.1016/j.disamonth.2020.101103.
- Arli C, Ozsan M, Gurkan E, Aycan Kaya O, Kokacya S. The Incidence of Demodex folliculorum in the Combination of Allergic Rhinitis and Diabetes Mellitus. *Iran J Parasitol*. 2019 Jul-Sep;14(3):459–464.
- Sabancı Ş, Küçükkeleş H, Çelmei F, Yavuz S. Evaluation of Meibography Findings and Ocular Surface Parameters in Children with Atopic Dermatitis Without Eye Complaints. *Children (Basel)*. 2025 Jan 27;12(2):150. doi: 10.3390/children12020150.
- Tan X, Xiao Z, Wen Y, Liu H, Yu W. Advancing allergic rhinitis research through phenotype-wide association studies: Insights from known genetic loci. *World Allergy Organ J*. 2024 Dec 19;18(1):101014. doi: 10.1016/j.waojou.2024.101014.
- Guo Y, Wen X, Dou Y. Analysis of the risk factors for the occurrence of dry eye disease in patients with chronic rhinitis: Construction and validation of the DE-Risk prediction model. *Medicine (Baltimore)*. 2025 Oct 10;104(41):e44510. doi: 10.1097/MD.00000000000044510.
- Трубилин АВ, Трубилин ВН, Полунина ЕГ, Каспарова ЕА. Новая комплексная клиническая классификация степени тяжести синдрома сухого глаза 2024. Часть 1. *Офтальмология*. 2024;21(4):709–715. doi: 10.18008/1816-5095-2024-4-709-715.
- Trubilin AV, Trubilin VN, Polunina EG, Kasparova EA. New Comprehensive Clinical Classification of Dry Eye Syndrome Severity 2024. Part 1. *Ophthalmology in Russia*. 2024;21(4):709–715 (In Russ.). doi: 10.18008/1816-5095-2024-4-709-715.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Трубилин Владимир Николаевич
доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой офтальмологии

Полунина Елизавета Геннадьевна
доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры офтальмологии
<https://orcid.org/0000-0002-8551-0661>

Трубилин Александр Владимирович
кандидат медицинских наук, доцент кафедры офтальмологии
<https://orcid.org/0009-0003-5112-5321>

Кечин Евгений Владимирович
кандидат медицинских наук, магистр прикладных математики и физики, начальник отдела реализации инновационных программ, трансфера и коммерциализации технологий
<https://orcid.org/0000-0002-6732-1226>

Анджелова Диана Владимировна
доктор медицинских наук, старший научный сотрудник

Филоненко Александра Вячеславовна
врач-офтальмолог, заведующая офтальмологическим отделением

Привезенцева Татьяна Альбертовна
главный врач

ABOUT THE AUTHORS

Trubilin Vladimir N.
MD, Professor, head of the Ophthalmology Department

Polunina Elizabet G.
MD, Professor, Professor of the Ophthalmology Department
<https://orcid.org/0000-0002-8551-0661>

Trubilin Alexander V.
PhD, Associate Professor of the Ophthalmology department
<https://orcid.org/0009-0003-5112-5321>

Kechin Evgeny V.
PhD, Master of Applied Mathematics and Physics, head of the Department for Implementation of Innovation Programs, Transfer and Commercialization of Technologies
<https://orcid.org/0000-0002-6732-1226>

Andzhelova Diana V.
MD, senior research officer

Filonenko Alexandra V.
ophthalmic surgeon, head of the Ophthalmology Department

Privezentseva Tatyana A.
chief physician

Микробный пейзаж при герпетических кератитах у пациентов, перенесших коронавирусную инфекцию

Г.М. Чернакова¹Г.Ш. Аржиматова^{1,2}Е.А. Клещева^{1,2}А.С. Чернаков^{1,3}

¹ ГБУЗ «Московский многопрофильный научно-клинический центр имени С.П. Боткина» ДЗМ
2-й Боткинский пр-д, 5, Москва, 125284, Российская Федерация

² ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. Баррикадная, 2/1, стр. 1, Москва, 125993, Российская Федерация

³ ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
Бескудниковский бульвар, 59а, стр. 1, Москва, 127486, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2026;23(1):109–116

Манифестация герпетического кератита формируется под влиянием разнообразных патологических факторов. Коронавирусная инфекция является одновременно и фонообразующим, и пусковым фактором офтальмогерпеса как в остром периоде этой болезни, так и при постковидном синдроме. При комплексной атаке на иммунную систему самого коронавируса, герпетических вирусов, ятрогенной иммуносупрессии патологическую роль вторичной бактериальной инфекции трудно переоценить. **Цель исследования:** ретроспективный анализ результатов микробных ассоциаций в мазке с конъюнктивы и носоглотки у пациентов с осложненным течением офтальмогерпеса после коронавирусной пневмонии. **Материал и методы.** Ретроспективный анализ включал данные 11 пациентов с разными формами герпетического кератита с изъязвлением (рецидивирующее/вялотекущее течение), развившегося в отдаленном периоде после перенесенной коронавирусной пневмонии тяжелого течения. Всем пациентам проводилось стандартное офтальмологическое обследование в динамике, опрос в отношении наличия триггерных факторов, коморбидных состояний. Материал для микробиологических исследований из конъюнктивы и носоглотки высевали на плотные питательные среды; рост колоний оценивали количественно в колониеобразующих единицах (КОЕ/мл) на 1,0 мл биологического материала в общепринятых степенях, выявленные патогены исследовали дисковым методом на чувствительность к основным группам антибактериальных препаратов. **Результаты.** В посевах из конъюнктивальной полости только в одном случае получен рост двух патогенных культур — *Staphylococcus aureus* и *Moraxella catarrhalis* в количестве 10^4 – 10^6 КОЕ/мл. Результаты посева на питательные среды из носоглотки оказались информативными в отношении доминирующих патогенов, среди результатов посева из носоглотки (25 культур) лидировали *Staphylococcus aureus* (10 случаев, 40 %) и *Streptococcus pneumoniae* (7 случаев, 28 %). Реже определялся рост культур таких патогенов, как *Hlebsiella pneumoniae* (4 случая, 16 %), *Escherichia coli* (2 случая, 8 %), *Moraxella catarrhalis* и *Hemophilus influenzae* (по 1 случаю, по 4 %). При определении чувствительности к группам антибиотиков микрофлора проявила высокую чувствительность к фторхинолонам (15 проб, 60 % случаев), к макролидам и аминогликозидам определялась в основном чувствительность средней степени (15 и 14 проб соответственно). К пенициллинам определялась средняя чувствительность (19 проб), а самый высокий удельный вес резистентности был выявлен к цефалоспорином. **Заключение.** Высокая чувствительность выделенной микрофлоры к фторхинолонам свидетельствует в пользу их применения при лечении осложненных форм герпетических кератитов с активизацией полибактериальной флоры. Одним из возможных препаратов выбора является безифлоксацин, не применяющийся системно и имеющий минимальные риски потенциальной резистентности к нему микробных ассоциаций. Крайне важным фактором достижения выздоровления при развитии затяжных форм офтальмогерпеса при хронических воспалительных заболеваниях носоглотки является комплексный подход к лечению, включающий тщательное лабораторное дообследование и консультации смежных специалистов (отоларинголога и иммунолога).

Ключевые слова: герпетический кератит, офтальмогерпес, коронавирусная инфекция, коронавирусная пневмония, микробный пейзаж, фторхинолоны, безифлоксацин



Для цитирования: Чернакова Г.М., Аржиматова Г.Ш., Клещева Е.А., Чернаков А.С. Микробный пейзаж при герпетических кератитах у пациентов, перенесших коронавирусную инфекцию. *Офтальмология*. 2026;23(1):109–116. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-109-116>

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

Конфликт интересов отсутствует.

Microbial Landscape in Herpetic Keratitis in Patients with Coronavirus Infection

G.M. Chernakova¹, G.Sh. Arzhimatova^{1,2}, E.A. Kleshcheva^{1,2}, A.S. Chernakov^{1,3}

¹ Botkin Hospital

2nd Botkinsky travel, 5, Moscow, 125284, Russian Federation

² Russian Medical Academy of Continuous Professional Education
Barrikadnaya str., 2/1, Moscow, 125993, Russian Federation

³ S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Beskudnikovskiy blvd., 59a, bld. 1, Moscow, 127486, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2026;23(1):109–116

The manifestation of herpetic keratitis is influenced by a variety of pathological factors. Coronavirus infection is both a precipitating and triggering factor for ophthalmic herpes, both in the acute phase of the disease and in post-COVID syndrome. Given the combined attack on the immune system by the coronavirus itself, herpes viruses, and iatrogenic immunosuppression, is difficult to overestimate the pathological role of secondary bacterial infection. The aim of this study is a retrospective analysis the results of microbial associations in conjunctival and nasopharyngeal swabs in patients with complicated ophthalmic herpes following coronavirus pneumonia. **Material and Methods.** The retrospective analysis included 11 patients with various forms of herpetic keratitis with ulceration (recurrent/sluggish flow), which developed late after severe coronavirus pneumonia. All patients underwent a standard ophthalmic examination and were questioned about the presence of trigger factors and comorbid conditions. Microbiological samples from the conjunctiva and nasopharynx were cultured on solid nutrient media. Colony growth was quantified in colony-forming units (CFU/ml) per 1.0 ml of biological material using standard grading methods. Identified pathogens were tested for sensitivity to the main groups of antibacterial drugs using the disk method. Results: In only one case, conjunctival culture yielded two pathogenic cultures — *Staphylococcus aureus* and *Moraxella catarrhalis* — at 10^4 – 10^6 CFU/ml. The results of nasopharyngeal culture on nutrient media turned out to be informative with respect to the dominant pathogens. Among the nasopharyngeal culture results (25 cultures), the leading ones were *Staphylococcus aureus* (10 cases, 40 %) and *Streptococcus pneumoniae* (7 cases, 28 %). Less frequently, the growth of cultures of such pathogens as *Hlebsiella pneumoniae* (4 cases, 16 %), *Escherichia coli* (8 %), *Moraxella catarrhalis* and *Hemophilus influenzae* (4 % each) was determined. When determining the sensitivity to groups of antibiotics, the microflora showed high sensitivity to fluoroquinolones (15 samples, 60 % of cases), mainly moderate sensitivity was determined to macrolides and aminoglycosides (15 and 14 samples, respectively). Moderate sensitivity was determined to penicillins (19 samples), and the highest proportion of resistance was found to cephalosporins. **Conclusion.** The high sensitivity of the isolated microflora to fluoroquinolones indicates their use in the treatment of complicated forms of herpetic keratitis with activation of polybacterial flora. One of the possible drugs of choice is besifloxacin, which is not used systemically and has minimal risks of potential resistance of microbial associations to it. A comprehensive treatment approach, including thorough laboratory testing and consultation with related specialists (otolaryngologist and immunologist), is crucial for achieving recovery in the development of protracted forms of ophthalmic herpes associated with chronic inflammatory diseases of the nasopharynx.

Keywords: herpetic keratitis, ophthalmic herpes, coronavirus infection, coronavirus pneumonia, microbial landscape, fluoroquinolones, besifloxacin

For citation: Chernakova G.M., Arzhimatova G.Sh., Kleshcheva E.A., Chernakov A.S. Microbial Landscape in Herpetic Keratitis in Patients with Coronavirus Infection. *Ophthalmology in Russia*. 2026;23(1):109–116. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-109-116>

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

There is no conflict of interests.

Г.М. Чернакова, Г.Ш. Аржиматова, Е.А. Клещева, А.С. Чернаков

Контактная информация: Чернаков Александр Сергеевич doctor-chernakov@yandex.ru

Микробный пейзаж при герпетических кератитах у пациентов, перенесших коронавирусную...

ВВЕДЕНИЕ

Герпетические кератиты — гетерогенная группа заболеваний, обусловленных продукцией в организме человека герпетических вирусов всех трех подсемейств. Патогенное действие герпетических вирусов хорошо изучено и представляет собой три главных механизма: цитопатический, нейродегенеративный и иммуносупрессивный. Биологическая стратегия герпетических вирусов основана на оппортунистической модели взаимодействия с иммунной системой человека, что приводит к ослаблению иммунного контроля и активизации бактериальной флоры. Традиционно считается, что при офтальмогерпесе актуальна реактивация вирусов в аксонах тройничного ганглия, однако многие публикации свидетельствуют о детекции ДНК герпес-вирусов в слизистых оболочках ротоносоглотки, а также в лимфоидной ткани, ассоциированной с ними. Это позволяет утверждать, что последние являются местом персистенции герпетических вирусов [1–10]. Более того, в вышеперечисленных работах подчеркивается ведущая роль герпес-вирусных инфекций как иммуносупрессивных агентов, формирующих благоприятные условия для активизации условно-патогенной флоры за счет вторичного иммунодефицита.

Манифестация герпетического кератита формируется под влиянием разнообразных патологических факторов, таких как хронические воспалительные заболевания ротоносоглотки, переохлаждение, инсоляция, острая респираторная вирусная инфекция, вакцинация, ношение контактных линз, травма роговицы, введение ботулотоксина, офтальмохирургические вмешательства и проч. Коронавирусная инфекция стоит в этом ряду и как фонообразующий фактор, и как пусковой, а активация герпетических вирусов в остром периоде этой болезни, при постковидном синдроме, а также после вакцинации показана в многочисленных работах [11–16]. При комплексной атаке на иммунную систему самого коронавируса, герпетических вирусов, ятрогенной иммуносупрессии патологическую роль вторичной бактериальной инфекции трудно переоценить. Наиболее яркими представителями патогенной флоры при этом являются условно-патогенные микробы *S. pneumoniae*, *H. influenzae*, *S. aureus*, *Corynebacterium macginleyi* и проч. [17, 18]. Колонизация носоглотки и конъюнктивы условно-патогенной микрофлорой при развитии герпес-вирусного воспаления в переднем сегменте глаза может вести к затяжному течению кератита, формированию незаживающих язв роговицы, а в острых случаях — к фульминантному развитию абсцесса роговицы или ее перфорации. Вышесказанное явилось основанием для анализа микробиологического пейзажа конъюнктивы и носоглотки в группе пациентов с герпетическими кератитами осложненного течения, развившимися в постковидном периоде (в отдаленные сроки — от 6 месяцев после выздоровления и более).

Целью исследования явился ретроспективный анализ результатов микробных ассоциаций в мазке с конъюнктивы и носоглотки у пациентов с осложненным течением офтальмогерпеса.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Ретроспективный анализ включал данные 11 пациентов с разными формами герпетического кератита с изъязвлением (рецидивирующее/вялотекущее течение кератита — сроки наличия жалоб превышали 3 месяца), 7 женщин и 4 мужчин в возрастном диапазоне от 47 до 88 лет, находившихся под нашим наблюдением в период с 2021 по 2025 г. У всех пациентов воспалительные проблемы в тканях глаза развились на постгоспитальном этапе после перенесенной коронавирусной пневмонии (подтвержденной лабораторно), потребовавшей госпитализации в стационары города. Все пациенты получали предшествующую топическую терапию местными антибактериальными препаратами. У всех пациентов тяжелое течение заболевания с развитием дыхательной недостаточности сопровождалось проведением искусственной вентиляции легких (ИВЛ) во время лечения.

Всем пациентам проводилось стандартное офтальмологическое обследование в динамике, опрос в отношении наличия триггерных факторов, коморбидных состояний. Герпетическая этиология кератита была подтверждена методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) в количественной модификации, исследования проводились в лаборатории Герпетического центра (главный врач — доктор медицинских наук, профессор Татьяна Борисовна Семенова). Во всех 11 случаях определялась в разных ассоциациях продукция ДНК вируса простого герпеса 1-го и 2-го типов (ВПГ), вируса ветрянки-зостер (ВВЗ), вируса Эпштейна — Барр (ВЭБ) и вируса герпеса человека 6-го типа (ВГЧ-6) в слезной жидкости / слюне / сыворотке крови в количествах, многократно превышающих допустимые значения. Все пациенты были консультированы иммунологом с проведением системной противовирусной терапии в виде внутривенных инфузий ацикловира 250 мг на 100 мл физиологического раствора по стандартной схеме № 5, с пролонгацией терапии в виде перорального применения повышенных суточных дозировок аналогов нуклеозидов сроком до 1 месяца.

Микробиологические исследования проводились в бактериологической лаборатории Герпетического центра (врач-бактериолог — Ирина Вячеславовна Измайлова). Материал из конъюнктивы и носоглотки для анализа брали в течение первой недели обращения к офтальмологу стерильным заднеглоточным ватным тампоном. После сбора материала тампоны помещали в транспортную систему (пробирку) со средой Стюарта. После доставки в лабораторию материал микроскопировали, далее высевали на плотные питательные среды; рост колоний оценивали количественно в колониеобразующих единицах (КОЕ/мл) на 1,0 мл биологического материала

в общепринятых степенях, обильным ростом считали 10^5 – 10^6 КОЕ/мл. Идентификацию бактерий проводили макроскопическим визуальным методом в хромогенных средах, микроскопированием биоптата колоний с помощью окраски по Граму.

Выявленные в носоглотке патогены исследовали дисковым методом на чувствительность к основным группам антибактериальных препаратов: фторхинолонам, макролидам, аминогликозидам, полусинтетическим пенициллинам, полусинтетическим цефалоспорином. Рост микрофлоры в конъюнктивальном мазке был получен только в одном случае (данные приводятся в клиническом примере), рост микрофлоры из носоглотки был получен во всех случаях, всего — 25 культур, у каждого пациента могло быть выделено от 1 до 3 видов патогенов.

Местная терапия включала применение нестероидных противовоспалительных средств, мидриатиков, инстилляций антибиотиков широкого спектра действия. Выбор конкретного антибактериального препарата — левофлоксацина, нетилмицина или безифлоксацина — определялся результатами антибиотикограммы, доступностью и индивидуальной переносимостью. Корнепротекторные средства включали инстилляцию слезозаместителя на основе гепарина 6–8 раз в день и репаранта на основе декспантенола (Корнерегель, «Бауш Хелс») 2–4 раза в день. Противовоспалительная терапия включала инстилляцию бромфенака натрия 0,09 % в режиме 2 раза в день сроком от 7 до 14 дней по необходимости.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В посевах из конъюнктивальной полости только в одном случае (данные приводятся ниже при описании клинического примера) получен рост двух патогенных культур — *Staphylococcus aureus* и *Moraxella catarrhalis*

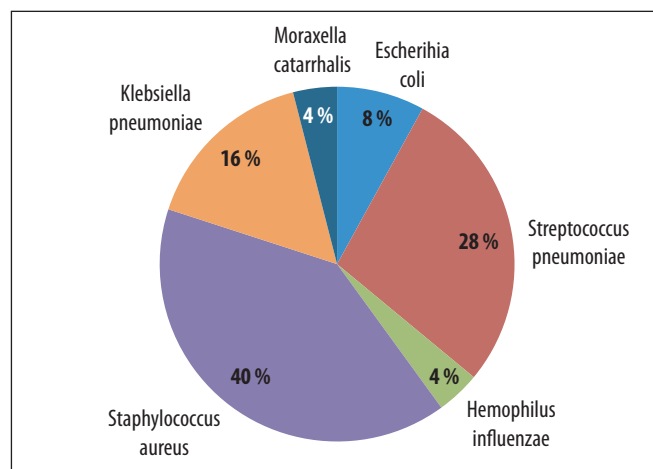


Рис. 1. Удельный вес роста бактериальных культур в посевах из носоглотки при оphthalmoherpes у пациентов, перенесших коронавирусную пневмонию тяжелого течения ($n = 11$)

Fig. 1. Rate of bacterial culture growth in nasopharyngeal cultures in patients with ophthalmoherpes in patients with severe coronavirus pneumonia ($n = 11$)

в количестве 10^4 – 10^6 КОЕ/мл. В исследованиях результатов применения культурального метода для изучения спектра патогенов из материала конъюнктивального мазка у пациентов с планируемой операцией по поводу катаракты (не применявших до забора материала топических антибактериальных инстилляций) отмечается довольно низкая информативность: положительные результаты получены примерно в 25–50 % случаев [19–21].

В настоящем исследовании все 11 пациентов получали предшествующую терапию антибактериальными и иными препаратами, что могло отразиться на отрицательных результатах посева с конъюнктивы. Результаты посева на питательные среды из носоглотки, напротив, оказались информативными в отношении доминирующих патогенов. Среди результатов посева из носоглотки (25 культур) лидировали *Staphylococcus aureus* (10 случаев, 40 %) и *Streptococcus pneumoniae* (7 случаев, 28 %). Реже определялся рост культур таких патогенов, как *Klebsiella pneumoniae* (4 случая, 16 %), *Escherichia coli* (8 %), *Moraxella catarrhalis* и *Hemophilus influenzae* (по 4 %) (рис. 1).

При рассмотрении спектра патогенов, колонизирующих носоглотку у пациентов после коронавирусной пневмонии с затяжными формами оphthalmoherpes, обращает на себя внимание представительство трех патогенов из так называемой группы ESCAPE (*E* — *Enterococcus faecium*, *S* — *Staphylococcus aureus*, *K* — *Klebsiella pneumoniae*, *A* — *Acinetobacter baumannii*, *P* — *Pseudomonas aeruginosa*, *E* — *Enterobacter spp.*) [22]. Эти патогены с множественной лекарственной устойчивостью к применяемым антибиотикам препятствуют нормальной эпителизации язвенных дефектов при герпетических кератитах, приводя либо к грубому васкуляризованному рубцеванию ткани роговицы, либо к созданию условий для кератомалиции.

При определении чувствительности к группам антибиотиков микрофлора проявила высокую чувствительность к фторхинолонам (15 проб, 60 % случаев), к макролидам и аминогликозидам определялась в основном чувствительность средней степени (15 и 14 проб соответственно). К пенициллинам определялась средняя чувствительность (19 проб), а самый высокий удельный вес резистентности был выявлен к цефалоспорином (рис. 2). Данные результаты представляют интерес с той точки зрения, что у всех пациентов во время лечения коронавирусной пневмонии применялись системные фторхинолоны (так называемые респираторные фторхинолоны — в частности, левофлоксацин), и можно было бы ожидать у них снижения чувствительности к данной группе антибиотиков, но настоящее исследование показало обратное [23]. Последний факт свидетельствует в пользу предпочтительного выбора фторхинолонов в инстилляциях для лечения осложненных форм герпетических кератитов. В нижеприведенном клиническом примере выбор местного антибактериального препарата для лечения оphthalmoherpes затяжного течения в виде

антибиотика в инстиляциях «Безиванс®» (безифлоксацин) был обусловлен в том числе бурным ростом патологической микрофлоры как в носоглотке, так и в конъюнктивальном посеве.

КЛИНИЧЕСКИЙ ПРИМЕР

Пациентка П., 69 лет, обратилась с жалобами на покраснение обоих глазных яблок, выраженный дискомфорт в обоих глазах, чувство «песка». Считает себя больной в течение 20 лет, на протяжении которых постепенно развивалась клиническая картина рецидивирующего билатерального конъюнктивита с прогрессивным усугублением жалоб и симптомов. Значимое ухудшение в состоянии глаз отметила после проведения косметической блефаропластики 17 лет назад. Семь лет назад провела эндопротезирование тазобедренного сустава, пять лет назад пациентке были выполнены дентальные имплантации и контурная пластика (введение филлеров) в область лица, после этого также было обострение в течении конъюнктивита. Два года назад перенесла коронавирусную пневмонию с госпитализацией в стационар и проведением ИВЛ. В последние два года отмечает частый (4 раза в год) *herpes labialis* красной каймы губ. В течение многих лет постоянно пользуется топической терапией препаратами разных фармакологических групп. Резкое обострение заболевания глаз отметила 6 месяцев назад (апрель 2025 года) с возникновения резкой светобоязни, выраженного отека век, слезотечения, гнойного отделяемого из конъюнктивальной полости левого глаза. Наблюдалась у офтальмолога по месту жительства, поставлен диагноз «краевая язва роговицы», было проведено комплексное лечение с использованием инстилляций топического тобрамицина, антисептиков, слезозаместителей без существенного эффекта. Пациентка обратилась на прием в мае 2025 года с жалобами на выраженный дискомфорт в обоих глазах, больше в левом, постоянное покраснение обоих глаз, чувство «песка» в глазах в течение дня (рис. 3).

Максимально скорректированная острота зрения (МКОЗ) с коррекцией sph -3,0 D составила на OD 0,6 и 0,5 на OS. При биомикроскопии во внутреннем нижнем секторе роговицы OS определялся дугообразный дефект эпителия, достигающий до глубоких слоев стромы (рис. 4а, б).

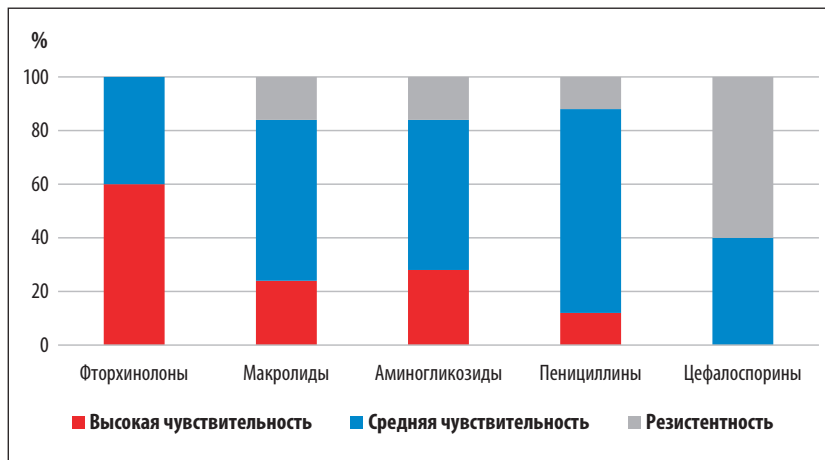


Рис. 2. Чувствительность выделенной при затяжных формах герпетических кератитов микрофлоры к группам антибиотиков

Fig. 2. Sensitivity of microflora isolated from complicated forms of herpetic keratitis to antibiotics

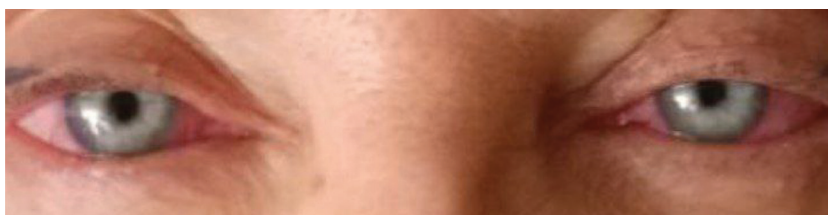


Рис. 3. Внешний вид пациентки П. при первичном визите

Fig. 3. The appearance of patient P. at the initial visit

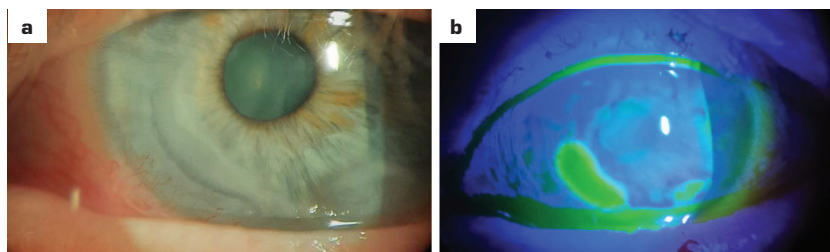


Рис. 4. Пациентка П., левый глаз: а — биомикроскопическая картина состояния левого глаза; б — флюоресцеиновая проба положительная, визуализируется дугообразный дефект эпителия с «подрытыми» краями

Fig. 4. Patient P., left eye. а — biomicroscopic view the left cornea; б — positive fluorescein staining, an arcuate defect of the epithelium with "hidden" edges is visualized

Пациентка была направлена на лабораторное дообследование и к смежным специалистам — отоларингологу и иммунологу. При осмотре отоларинголог отметил гиперемию слизистой оболочки носа, гипертрофию носовых раковин, гиперемию дужек глотки, рубцовое изменение ткани миндалин и наличие казеозных «пробок» в лакунах. Поставлен диагноз: хронический тонзиллит (обострение), хронический ринофарингит (обострение); взят материал из конъюнктивы и носоглотки для микробиологического исследования, назначена комплексная терапия. В посеве из конъюнктивальной полости

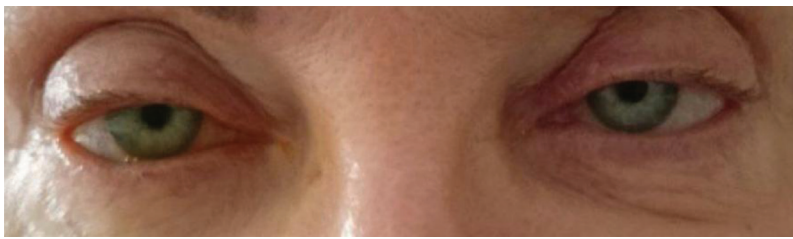


Рис. 5. Внешний вид пациентки П. через 4 недели от начала комплексной терапии

Fig. 5. Appearance of patient P. 4 weeks after the start of complex therapy

получен рост двух патогенных культур: *Staphylococcus aureus* и *Moraxella catarrhalis* в количестве 10^4 – 10^6 КОЕ/мл. В посеве из носоглотки получен рост трех патогенов: *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* и *Staphylococcus aureus* в высоких количествах, что соответствовало клинической картине состояния носоглотки, которая могла служить постоянным резервуаром инфекции для конъюнктивальной полости.

При лабораторном обследовании было выявлено ДНК ВЭБ и ВВЗ в слезной жидкости 1000 коп ДНК/мл и 1500 коп ДНК/мл, в слюне — ДНК ВГЧ-6 2000 коп ДНК/мл, в крови — ДНК ВПГ (76 000 коп ДНК/мл), иммунологом назначена системная противовирусная терапия. Топическая терапия в данном клиническом случае включала применение препарата «Бромфенак» 2 раза в день в течение 14 дней в оба глаза, мидриатика в левый глаз в течение 14 дней 1 раз на ночь, антибиотика «Безиванс®» кратностью 3 раза в день в оба глаза в течение 10 дней. Параллельно назначена длительная комплексная репаративная терапия слезозаместителем на основе гепарина и корнеропротектором «Корнерегель». Через 4 недели на контрольном осмотре отмечены повышение МКОЗ до 0,8 на ОУ, регресс субъективных жалоб, нормализация внешнего вида глаз, при биомикроскопии наблюдалась полная эпителизация глубокого язвенного дефекта в месте его локализации (рис. 5, 6).

Таким образом, вышеприведенные результаты ретроспективного анализа результатов микробиологического исследования посевов из конъюнктивы и носоглотки могут свидетельствовать о реактивации условно-патогенной и патогенной флоры после коронавирусной инфекции, особенно при тяжелом ее течении, на фоне активной продукции в организме ДНК герпетических вирусов. Клинический пример хорошо иллюстрирует весь патологический комплекс фоновых предрасполагающих пусковых факторов герпетического кератита, как местных (блефаропластика) и регионарных (дентальная имплантация, контурная пластика), так и системных (эндопротезирование сустава, коронавирусная пневмония, ИВЛ). В этих случаях целесообразным является комплексный подход к лечению таких пациентов с тщательным лабораторным дообследованием и консультациями смежных специалистов (отоларинголога и иммунолога).

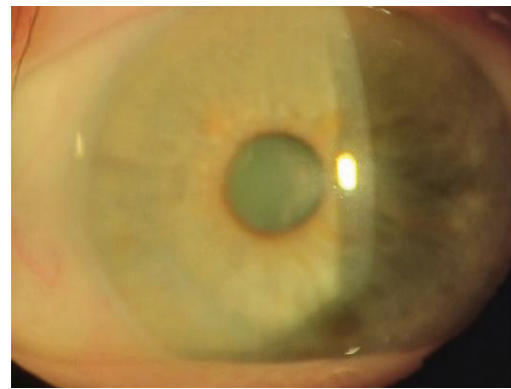


Рис. 6. Биомикроскопическая картина полной эпителизации роговицы левого глаза

Fig. 6. Biomicroscopic picture of complete epithelialization of the corneal defect of the left eye

Выбор местной антибактериальной терапии в случае полибактериального поражения в осложненных случаях герпетического кератита должен основываться на результатах микробиологического обследования либо быть эмпирическим в пользу топических фторхинолонов последнего поколения, таких как Безифлоксацин [24, 25]. Безифлоксацин («Безиванс®», «Бауш Хелс»), который представляет собой 8-хлорфтор-хинолон, имеет R7-аминоазепинильную группу с широким спектром активности *in vitro* против широкого спектра грамположительных и грамотрицательных глазных патогенов, включая штаммы с множественной лекарственной устойчивостью. Механизм действия Безифлоксацина включает ингибирование бактериальной ДНК-гиразы и топоизомеразы IV, ферментов, которые необходимы для синтеза и репликации бактериальной ДНК. В отличие от «старых» фторхинолонов, Безифлоксацин демонстрирует относительно сбалансированную активность в отношении как ДНК-гиразы, так и топоизомеразы IV, что сводит к минимуму вероятность резистентности бактерий к нему.

Одной из важных особенностей препарата является наличие в его составе специальной субстанции (мукоадгезивного полимера), способствующего более долговременной экспозиции антибиотика на глазной поверхности. В приведенном клиническом примере затяжное течение воспаления тканей глазной поверхности было обусловлено сочетанной герпетической и полибактериальной инфекцией с выделением культур трех патогенов из группы ESKAPE, что определяет выбор антибактериального топического препарата с минимальной потенциальной резистентностью и высоким потенциалом бактерицидности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Затяжные формы герпес-вирусного поражения глаз у пациентов, перенесших тяжелую форму коронавирусной пневмонии, являются результатом влияния предшествующего коморбидного фона, а также пусковых факторов

офтальмогерпеса, ключевым из которых и является сам коронавирус. Выбор местного антибиотика в случае сочетанного полибактериального поражения при герпетическом кератите в реальной клинической практике должен определяться минимальными рисками резистентности микрофлоры, широким спектром действия и мукоадгезивным потенциалом препарата, обеспечивающим его длительную экспозицию на глазной поверхности. Примером сочетания таких фармакологических характеристик является топицический антибактериальный препарат «Безиванс®», применяемый в режиме 3 раза в день в конъюнктивальную полость пораженного глаза в течение 7–10 дней. Крайне важным фактором достижения вы-

здоровления при развитии затяжных форм офтальмогерпеса при хронических воспалительных заболеваниях носоглотки является комплексный подход к лечению, включающий тщательное лабораторное дообследование (в том числе на продукцию ДНК герпетических вирусов) и консультации смежных специалистов (отоларинголога и иммунолога).

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Чернакова Г.М. — существенный вклад в концепцию и дизайн работы, сбор, анализ и обработка материала, написание текста, редактирование, окончательное утверждение версии, подлежащей публикации;
Аржиматова Г.Ш. — существенный вклад в концепцию и дизайн работы, редактирование;
Клещева Е.А. — сбор, анализ и обработка материала, редактирование;
Чернаков А.С. — сбор, анализ и обработка материала, написание текста.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Юшук НД, Крюков АИ, Туровский АБ, Попова ИА, Савостикова МВ. Значение персистирующей вирусной инфекции семейств Herpes viridae и Papilloma viridae при хронических воспалительных заболеваниях глотки. Вестник оториноларингологии. 2017;82(4):25–28. doi: 10.17116/otorino201782425-28.
- Yushchuk ND, Kryukov AI, Turovsky AB, Popova IA, Savostikova MV. The role of persistent viral infections with Herpes viridae and Papilloma viridae associated with chronic inflammatory pathology of the oropharynx. Annals of Ophthalmology. 2017;82(4):25–28 (In Russ.). doi: 10.17116/otorino201782425-28.
- Киселев ВВ, Лукашевич МГ. Концепция единого дыхательного пути: возможности клинического применения. Российская ринология. 2020;28(3):151–156. doi: 10.17116/rosrino202028031151.
- Kiselev VV, Lukashevich MG. Single airway concept: solutions of clinical applications. Russian Rhinology. 2020;28(3):151–156 (In Russ.). doi: 10.17116/rosrino202028031151.
- Халиуллина СВ, Анохин ВА, Халиуллина КР, Покровская ЕМ. Распространенность герпесвирусных инфекций у детей с гипертрофией глоточной миндалины. Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2018;63(5):162–166. doi: 10.21508/1027-4065-201863-5-162-166.
- Khaliullina SV, Anokhin VA, Khaliullina KR, Pokrovskaya EM. The prevalence of herpes virus infections in children with hypertrophy of the glotal mandaline. Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics. 2018;63(5):162–166 (In Russ.). doi: 10.21508/1027-4065-201863-5-162-166.
- Кунельская ВЯ, Романенко СГ, Павлихин ОГ, Елисеев ОВ, Курбанова ДИ, Лесогорова ЕВ, Красильникова ЕН. Исследование роли герпесвирусных инфекций и атипичных бактерий при хроническом гиперпластическом ларингите. Вестник оториноларингологии. 2023;88(3):126–127. doi: 10.17116/otorino2022880314.
- Kunel'skaya VYa, Romanenko SG, Pavlikhin OG, Eliseev OV, Kurbanova DI, Lesogorova EV, Krasil'nikova EN. A study of the role of herpesvirus infections and atypical bacteria in chronic hyperplastic laryngitis. Bulletin of Otolaryngology. 2023;88(3):126–127 (In Russ.). doi: 10.17116/otorino2022880314.
- Нестерова ИВ, Халтурина ЕО. Моно- и микст-герпесвирусные инфекции: ассоцированность с клиническими синдромами иммунодефицита. Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина. 2018;22(2):226–234. doi: 10.22363/2313-0245-2018-22-2-226-234.
- Nesterova IV, Khalturina EO. Mono- and mixed-herpesvirus infections: association with clinical syndromes of immunodeficiency. RUDN Journal of Medicine. 2018;22(2):226–234 (In Russ.). doi: 10.22363/2313-0245-2018-22-2-226-234.
- Chen T, Hudnall SD. Anatomical mapping of human herpesvirus reservoirs of infection. Mod Pathol. 2006 May;19(5):726–737. doi: 10.1038/modpathol.3800584.
- Ptaszyńska-Sarosiek I, Dunaj J, Zajkowska A, Niemcunowicz-Janica A, Król M, Pancewicz S, Zajkowska J. Post-mortem detection of six human herpesviruses (HSV-1, HSV-2, VZV, EBV, CMV, HHV-6) in trigeminal and facial nerve ganglia by PCR. PeerJ. 2019 Jan 9;6:e6095. doi: 10.7717/peerj.6095.
- Kumata R, Ito J, Takahashi K, Suzuki T, Sato K. A tissue level atlas of the healthy human virome. BMC Biol. 2020 Jun 4;18(1):55. doi: 10.1186/s12915-020-00785-5.
- Koçoğlu ME, Mengeloğlu FZ, Arpuhan T, Özsoy Ş, Yılmaz B. The role of human papilloma virus and herpes viruses in the etiology of nasal polyposis. Turk J Med Sci. 2016 Feb 17;46(2):310–314. doi: 10.3906/sag-1406-103.
- Eliassen E, Krueger G, Luppi M, Ablashi D. Lymphoproliferative Syndromes Associated with Human Herpesvirus-6A and Human Herpesvirus-6B. Mediatr J Hematol Infect Dis. 2018 May 1;10(1):e2018035. doi: 10.4084/MJHID.2018.035.
- Алексеенко С, Артюшкин СА, Скальный АВ, Барашкова СВ, Афанасьев ВВ, Яковлев АС, Тиньков АА. Патология лимфоэпителиального глоточного кольца в постковидный период: новые вызовы. Российская оториноларингология. 2024;23(4):84–94. doi: 10.18692/1810-4800-2024-4-84-94.
- Alekseenko S, Artyushkin SA, Skalny AV, Barashkova SV, Afanashev VV, Yakovlev AS, Tin'kov AA. Pharyngeal lymphoid ring pathology in post-covid-19 era: new challenges. Russian Otorhinolaryngology. 2024;23(4):84–94 (In Russ.). doi: 10.18692/1810-4800-2024-4-84-94.
- Савенкова МС, Сотников ИА, Афанасьева АА, Афанасьева ЯВ, Душкин РВ. Значение герпесвирусов в постковидном периоде у детей. РМЖ. Мать и дитя. 2023;6(1):39–44. doi: 10.32364/2618-8430-2023-6-1-39-44.
- Savenkova MS, Sotnikov IA, Afanas'eva AA, Afanas'eva YaV, Dushkin RV. Importance of herpes viruses in children with post-covid conditions. Russian Journal of Woman and Child Health. 2023;6(1):39–44 (In Russ.). doi: 10.32364/2618-8430-2023-6-1-39-44.
- Мосунов АА, Парфентьева ТМ. Хроническая инфекция, вызванная вирусом Эпштейна — Барр, как фактор прогрессирования постковидного синдрома: роль дисфункции системы комплемента крови и нейтрофильного звена иммунитета. Российский иммунологический журнал. 2025;28(3):711–718. doi: 10.46235/1028-7221-17204-CEB.
- Mosunov AA, Parfent'eva TM. Chronic epstein-barr virus infection as a modulator of post-covid syndrome severity: implications of complement cascade dysregulation and neutrophil immune dysfunction. Russian journal of immunology. 2025;28(3):711–718 (In Russ.). doi: 10.46235/1028-7221-17204-CEB.
- Атажахова МГ, Чудилова ГА, Ломтагидзе ЛВ, Поезжаев ЕА. Вариативность изменений про- и противовоспалительных цитокинов на фоне дефицита IFNα и IFNγ у пациентов с постковидным синдромом, ассоциированным с активацией хронических герпесвирусных инфекций. Инфекция и иммунитет. 2024;14(3):488–494. doi: 10.15789/2220-7619-VOC-16749.
- Atazhakhova MG, Chudilova GA, Lomtatidze LV, Poeszhaev EA. Variability of changes in proand antiinflammatory cytokines due to ifna and ifny deficiency in patients with post-covid syndrome associated with activation of chronic herpes viral infections. Russian Journal of Infection and Immunity. 2024;14(3):488–494 (In Russ.). doi: 10.15789/2220-7619-VOC-16749.
- Zuo DM, Xue LP, Fan H, Yang SL, Li LC, Luo JH, Zang S, Xiao J. COVID-19 infection with keratitis as the first clinical manifestation. Int J Ophthalmol. 2022 Sep 18;15(9):1544–1548. doi: 10.18240/ijo.2022.09.19.
- Lee TE, Ahn SH, Jeong CY, Kim JS, You IC. Herpesviral Keratitis Following COVID-19 Vaccination: Analysis of NHIS Database in Korea. Cornea. 2025 Feb 1;44(2):168–179. doi: 10.1097/ICCO.0000000000003556.
- Lima-Fontes M, Martinho-Dias D, Leuzinger-Dias M, Cunha AM, Neves Cardoso P, Torrão L, Moreira R, Falcão-Reis F, Pinheiro-Costa J. Microbiological Profile of Infectious Keratitis During Covid-19 Pandemic. Clin Ophthalmol. 2023 Feb 10;17:535–543. doi: 10.2147/OPTH.S395877.
- Wu HY, Chang PH, Chen KY, Lin IF, Hsieh WH, Tsai WL, Chen JA, Lee SS; GREAT working group. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) associated bacterial coinfection: Incidence, diagnosis and treatment. J Microbiol Immunol Infect. 2022 Dec;55(6 Pt 1):985–992. doi: 10.1016/j.jmii.2022.09.006.
- Keshav BR, Basu S. Normal conjunctival flora and their antibiotic sensitivity in Omanis undergoing cataract surgery. Oman J Ophthalmol. 2012 Jan;5(1):16–18. doi: 10.4103/0974-620X.94722.
- Bruttini C, Pallone C, Verticchio Vercellin A, Acerbi G, Baschetti S, Bruttini P, Riva I, Quaranta L. Pre-operative conjunctival flora in patients with local and/or systemic risk factors for post cataract surgery infection in Northern Italy. Eur J Ophthalmol. 2021 May;31(3):1002–1006. doi: 10.1177/1120672120934991.
- Hayashi Y, Miyamoto T, Fujita S, Tomoyose K, Ishikawa N, Kokado M, Sumioka T, Okada Y, Saika S. Bacteriology of the conjunctiva in pre-cataract surgery patients with occluded nasolacrimal ducts and the operation outcomes in Japanese patients. BMC Ophthalmol. 2017 Feb 20;17(1):15. doi: 10.1186/s12886-017-0410-x.
- Pendleton JN, Gorman SP, Gilmore BF. Clinical relevance of the ESKAPE pathogens. Expert Rev Anti Infect Ther. 2013 Mar;11(3):297–308. doi: 10.1586/eri.13.12.
- Karampela I, Dalamaga M. Could Respiratory Fluoroquinolones, Levofloxacin and Moxifloxacin, Prove to be Beneficial as an Adjunct Treatment in COVID-19? Arch Med Res. 2020 Oct;51(7):741–742. doi: 10.1016/j.arcmed.2020.06.004.
- DeCory HH, Sanfilippo CM, Proskin HM, Blondeau JM. Characterization of baseline polybacterial versus monobacterial infections in three randomized controlled bacterial conjunctivitis trials and microbial outcomes with besifloxacin ophthalmic suspension 0.6%. PLoS One. 2020 Aug 25;15(8):e0237603. doi: 10.1371/journal.pone.0237603.
- Malhotra R, Ackerman S, Gearinger LS, Morris TW, Allaire C. The safety of besifloxacin ophthalmic suspension 0.6% used three times daily for 7 days in the treatment of bacterial conjunctivitis. Drugs R D. 2013 Dec;13(4):243–252. doi: 10.1007/s40268-013-0029-1.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Чернакова Галина Мэлсовна
кандидат медицинских наук, доцент, научный сотрудник,
заведующая поликлиническим отделением № 2
<https://orcid.org/0000-0002-9630-6076>

Аржиматова Гульжиян Шевкетовна
кандидат медицинских наук, доцент кафедры офтальмологии
<https://orcid.org/0000-0001-9080-3170>

Клещёва Елена Александровна
кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры офтальмологии,
врач-офтальмолог
<https://orcid.org/0000-0002-1392-3432>

Чернаков Александр Сергеевич
кандидат медицинских наук, врач-офтальмолог
<https://orcid.org/0009-0008-8536-0553>

ABOUT THE AUTHORS

Chernakova Galina M.
PhD, Associate Professor, ophthalmologist, researcher
<https://orcid.org/0000-0002-9630-6076>

Arzhimatova Gulzhiyan Sh.
PhD, leading researcher, Associate Professor of the Ophthalmology Department
<https://orcid.org/0000-0001-9080-3170>

Kleshcheva Elena A.
PhD, Associate Professor of the Ophthalmology Department, ophthalmologist
<https://orcid.org/0000-0002-1392-3432>

Chernakov Alexander S.
PhD, ophthalmologist
<https://orcid.org/0009-0008-8536-0553>

Цифровая аккомодационная астенопия. Результаты скринингового исследования субъективных проявлений многомерной психометрической шкалой в режиме онлайн. Сообщение 1

Э.Ф. Шайхутдинова¹ Т.Р. Мухамадеев^{1,2} Р.Р. Ахмадеев^{2,3}¹ ЗАО «Оптимедсервис»

ул. 50 лет СССР, 8, Уфа, 450083, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. Ленина, 3, Уфа, 450008, Российская Федерация³ Всероссийский центр глазной и пластической хирургии ФГБОУ ВО «Башкирский государственный
медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. Рихарда Зорге, 67/1, Уфа, 450075, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2026;23(1):117–122

Цель: исследовать характер, интенсивность и частоту основных субъективных проявлений цифровой аккомодационной астенопии в режиме онлайн, определить их связь с базовыми офтальмоэргонимическими показателями. **Дизайн и методы исследования.** Скрининговое онлайн-исследование проведено на 1310 учащихся (средний возраст $21,5 \pm 0,1$ года; из них 75,3 % — респонденты женского пола, 24,7 % — мужского). Использованная психометрическая шкала содержала 25 пунктов из 5 вопросов, отражающих основные симптомы аккомодационной астенопии, а также офтальмоэргонимические вопросы. **Результаты и обсуждение.** Средний стаж работы с мобильными экранными устройствами (МЭУ) составил $10,29 \pm 0,1$ года. При этом средняя ежедневная продолжительность, а также единовременная длительность пользования цифровыми технологиями (ЦТ) варьировали в широких пределах: до 1 часа и более 6 часов. Среднее расстояние от глаз до экрана составило $36,0 \pm 0,5$ см (от 5 до 120 см). Жалобы различной интенсивности и характера выразили 74,6 % обследованных, при этом с максимальной оценкой «постоянно» и «очень сильно» процентная доля обследованных составила: с затруднениями в фокусировке на дальней дистанции — 5,6 и 5,7 % респондентов соответственно, напряжение глаз при взгляде на экран — 2,3 и 2,7 %, затуманенность и расплывчатость — 1,7 и 1,2 % обследованных. Значимой корреляционной связи между стажем пользования девайсами и жалобами на проблемы с аккомодацией у обследованных респондентов выявлено не было. Положительная слабая, но значимая связь была обнаружена между продолжительностью пользования ЦТ и МЭУ за сеанс и «продолжительность пользования ЦТ и МЭУ в течение дня» с жалобами на напряжение при фиксации взгляда на экран, а также с затуманиванием зрения и проблемой фокусировки вдаль. Отсутствие значимой корреляционной связи между стажем пользования девайсами и аккомодационными жалобами может свидетельствовать о включении своего рода устойчивых, надежных механизмов компенсации аккомодации по типу долговременной адаптации, маскирующих субъективные проявления КЗС. Напротив, жалобы на аккомодационную астенопию, связанные с продолжительностью пользования за сеанс или в течение суток, отражают срочные, «аварийные» механизмы компенсации и проявляются более ярко в виде соответствующих жалоб на зрительный дискомфорт. **Заключение.** Делается вывод об адекватности и эффективности методического подхода с использованием многомерной шкалы в онлайн-режиме для анализа субъективных проявлений цифровой аккомодационной астенопии. Данные подтверждают важную роль офтальмоэргонимических факторов в формировании цифровой аккомодационной астенопии у пользователей информационных технологий.

Ключевые слова: компьютерный зрительный синдром, аккомодационная астенопия, онлайн-анкетирование, жалобы на зрительный дискомфорт



Для цитирования: Шайхутдинова Э.Ф., Мухамадеев Т.Р., Ахмадеев Р.Р. Цифровая аккомодационная астенопия. Результаты скринингового исследования субъективных проявлений многомерной психометрической шкалой в режиме онлайн. Сообщение 1. *Офтальмология*. 2026;23(1):117–122. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-117-122>

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

Конфликт интересов отсутствует.

Digital Accommodative Asthenopia. Results of the Screening Study of Subjective Manifestations of a Multidimensional Psychometric Scale in On-line Mode. Message 1

E.F. Shaykhutdinova¹, T.R. Mukhamadeev^{1,2}, R.R. Ahmadeev^{2,3}

¹ Optimedservice

50 let USSR str., 8, Ufa, 450083, Russian Federation

² Bashkir State Medical University

Lenin str., 3, Ufa, 450008, Russian Federation

³ All-Russian Center for Eye and Plastic Surgery

Richard Zorge str., 67/1, Ufa, 450075, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2026;23(1):117–122

Purpose: to investigate the nature, intensity and frequency of the main subjective manifestations of digital accommodative asthenopia online, to determine their relationship with basic ophthalmoeconomic indicators. **Design and research methods.** The online screening study was conducted on 1310 students (average age 21.5 ± 0.1 years; 75.3 % of respondents were female, 24.7 % were male). The psychometric scale used contained 25 items from 5 questions reflecting the main symptoms of accommodative asthenopia, as well as ophthalmoeconomic questions. **Results and discussion.** The average work experience with mobile screen devices (MSD) was 10.29 ± 0.1 years. At the same time, the average daily duration, as well as the one-time duration of using the digital television, varied widely up to 1 hour and more than 6 hours. The average distance from the eyes to the screen was 36.0 ± 0.5 cm (from 5 to 120 cm). Complaints of varying intensity and nature were expressed by 74.6 % of respondents, with the maximum rating of "constantly" and "very strong" in the percentage of respondents: difficulty focusing at a distance (5.6 % and 5.7 % of respondents, respectively), eye strain when looking at the screen — 2.3 % and 2.7 %, fogging and blurriness — 1.7 % and 1.2 % of respondents. There were no significant correlation between the length of use of devices and complaints of accommodation problems among the respondents surveyed. A positive weak but significant relationship was found between the indicators "duration of using the digital optics and digital electronic devices per session" and "duration of using the digital optics and digital electronic devices during the day" with complaints of strain when fixing the gaze on the screen, as well as with blurred vision and problems focusing into the distance. The absence of a significant correlation between the length of use of devices and accommodative complaints may indicate the inclusion of some kind of stable, reliable mechanisms of accommodation compensation by the type of long-term adaptation, masking the subjective manifestations of the digital accommodative asthenopia. On the contrary, complaints of accommodative asthenopia associated with the duration of use per session or during the day reflect urgent, "emergency" compensation mechanisms and are manifested more clearly in the form of corresponding complaints of visual discomfort. **Conclusion.** A conclusion is made about the adequacy and effectiveness of the methodological approach using a multidimensional scale in on-line mode for analyzing the subjective manifestations of digital accommodative asthenopia. The data confirm the important role of ophthalmoeconomic factors in the formation of digital accommodative asthenopia in information technology users.

Keywords: computer vision syndrome; accommodative asthenopia; on-line questionnaire; complaints of visual discomfort

For citation: Shaykhutdinova E.F., Mukhamadeev T.R., Akhmadeev R.R. Digital Accommodative Asthenopia. Results of the Screening Study of Subjective Manifestations of a Multidimensional Psychometric Scale in On-line Mode. Message 1. *Ophthalmology in Russia*. 2026;23(1):117–122. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-117-122>

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

There is no conflict of interests.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Чрезмерное неконтролируемое потребление продукции цифровых технологий (ЦТ), повальное использование цифровых мобильных экранных устройств (МЭУ) закономерно сформировали сверхсовременное офтальмологическое явление — компьютерный зрительный синдром (КЗС), или более новый термин — цифровое перенапряжение глаз (ЦПГ). По разным эпидемиологическим оценкам, ЦПГ подвержены до 70 % пользователей [1], наиболее распространенными составляющими КЗС являются синдром сухого глаза и аккомодационные нарушения.

Несмотря на значительное количество отечественных [2–5] и зарубежных [6–8] публикаций по аккомодационным нарушениям у пользователей ЦТ, ряд важных вопросов, в том числе подробный компонентный анализ субъективных проявлений аккомодационной астенопии, а также их связь со стажем и продолжительностью пользования ЦТ и МЭУ, по возможности на максимально большой выборке испытуемых, остается нерешенным. В соответствии с этим скрининговое исследование аккомодационной астенопии с вовлечением достаточно большого количества пользователей ЦТ и МЭУ с помощью многомерной психометрической шкалы в режиме онлайн представляется актуальной проблемой современной отечественной офтальмологии и оптометрии.

ДИЗАЙН И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняли участие 1310 учащихся различных учебных заведений, из них 35 школьников и 1275 студентов различных вузов Российской Федерации в возрасте от 11 до 30 лет (средний возраст $21,5 \pm 0,1$ года; 986 респондентов (75,3 %) женского пола и 324 (24,7 %) — мужского). Работа выполнена во Всероссийском центре глазной и пластической хирургии, на кафедре офтальмологии и кафедре психиатрии, наркологии и психотерапии ФГБОУ ВО БГМУ МЗ РФ в период с июня 2021 по апрель 2024 года в строгом соответствии с этическими требованиями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (WMA Declaration of Helsinki — Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects, 2013).

Основным офтальмоэргономическим скрининговым инструментом послужила авторская психометрическая анкета, разработанная специально для использования в режиме онлайн и позволяющая оценить субъективные проявления КЗС, распределенные по группам симптомокомплексов на конъюнктивальные, аккомодационные, зрительно-моторные, нейрорецепторные и психоневрологические. В эту часть статьи вошли вопросы по аккомодационной астенопии, а также данные офтальмоэргономического плана (стаж и продолжительность пользования девайсами, расстояние и углы обзора экрана). При разработке данной многомерной шкалы мы исходили из требо-

ваний, предъявляемых к психометрическим методам анкетирования [9], а также рекомендаций [10, 11]. В итоге жалобы на глазной и зрительный дискомфорт оценивались по частоте (от 0 баллов (никогда) до 4 (очень часто)) и интенсивности (от 0 баллов (отсутствие жалоб) до 4 (очень сильные и частые жалобы)). Для общей оценки проявлений отдельных симптомокомплексов КЗС определялись баллы (произведение частоты и интенсивности жалоб).

Статистический анализ включал описательную статистику, сравнение результатов для определения достоверности межгрупповых различий по Манну — Уитни; для оценки силы и направления связи между субъективными проявлениями цифровой аккомодационной астенопии и переменными стажа, длительности пользования МЭУ использовали коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Статистическую значимость корреляций оценивали при уровне значимости $p < 0,05$. Анализ выполнен с использованием программного обеспечения MS Excel 2010 и R версии 4.2.2.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Офтальмоэргономические данные

Согласно проведенному скрининговому онлайн-анкетированию, средний стаж работы с цифровыми устройствами составил $10,29 \pm 0,1$ года. При оценке продолжительности пользования компьютером пункт «не более 1 часа» отметили 263 человека (20,1 %), «от 1 до 3 часов» — 583 (44,5 %), «4–6 часов» — 271 (20,7 %) и «более 6 часов» — 193 (14,7 %). По продолжительности непрерывного пользования интернетом за 1 сеанс пункт «10–20 минут, не более часа» отметили 362 человека (27,6 %), «1–3 часа» — 584 (44,6 %), «4–6 часов» — 101 (7,7 %), «более 6 часов» — 88 (6,7 %), «я “живу” с девайсом» — 174 (13,3 %).

Среднее приблизительное расстояние от глаз до экрана при пользовании ЦТ у всех респондентов составило $36,0 \pm 0,5$ см (от 5 до 120 см), что резко отклоняется от международных рекомендаций, предписывающих сохранять это расстояние на уровне 62 см [12]. Расположение центра экрана на уровне глаз отметили 579 респондентов (44,2 %), ниже уровня глаз — 659 (50,3 %), выше уровня глаз — 72 (5,5 %), что сопоставимо с зарубежными источниками [13]. В то же время, согласно публикациям, расстояние от глаз до экрана должно составлять 60–100 см для стационарных компьютеров и 35–40 см — для мобильных экранных устройств [14, 15]; единовременное непрерывное использование ЦЭУ — не более 20–30 мин. [16]. Таким образом, рассмотренные результаты скринингового онлайн-исследования показывают, что подавляющее большинство — более 70 % обследованных респондентов — пользуются мобильными цифровыми устройствами с явным нарушением эргономических условий и гигиенических рекомендаций.

Субъективные проявления цифровой аккомодационной астенопии

Жалобы на зрительный дискомфорт аккомодационного характера предъявили 74,6 % ($n = 978$) обследованных. По частоте и интенсивности проявлений с максимальным количеством баллов (4 балла — «постоянно»

Таблица 1. Коэффициенты корреляции субъективных проявлений аккомодационной цифровой астенопии со стажем, продолжительностью пользования девайсами

Table 1. Correlation coefficients of subjective manifestations of accommodative digital asthenopia and experience, duration of use of devices

Субъективные проявления цифровой аккомодационной астенопии Subjective manifestations of digital accommodative asthenopia	СПИТ EUIT	ПЕПД DDUD	ППДС DCUD
Напряжение при взгляде на экран Strain when looking at a screen	□ $r = 0,016$; $p = 0,570$	■ $r = 0,066$; $p = 0,016$	■ $r = 0,079$; $p = 0,004$
Прищуривание при работе с девайсами Squinting when using devices	□ $r = 0,035$; $p = 0,208$	□ $r = 0,008$; $p = 0,770$	□ $r = 0,032$; $p = 0,254$
Трудность ближней фокусировки Difficulty focusing close up	□ $r = 0,002$; $p = 0,943$	□ $r = 0,0303$; $p = 0,272$	□ $r = 0,047$; $p = 0,090$
Трудность дальней фокусировки Difficulty focusing far away	□ $r = -0,024$; $p = 0,383$	■ $r = 0,075$; $p = 0,007$	■ $r = 0,074$; $p = 0,007$
Затуманенность и расплывчатость зрения Blurred and fuzzy vision	□ $r = 0,025$; $p = 0,359$	■ $r = 0,086$; $p = 0,002$	■ $r = 0,061$; $p = 0,026$

Примечание. СПИТ — стаж пользования информационными технологиями; ПЕПД — продолжительность ежедневного пользования девайсами; ППДС — продолжительность непрерывного пользования девайсами за один сеанс. □ — незначимая связь ($p > 0,05$), ■ — статистически значимая корреляционная связь ($p < 0,05$).
Note. EUIT — experience in using information technology; DDUD — duration of daily use of devices; DCUD — duration of continuous use of devices in one session. □ — insignificant relationship ($p > 0,05$), ■ — statistically significant correlation relationship ($p < 0,05$).

и «очень сильно») были жалобы на затруднения в фокусировке на дальней дистанции (5,6 и 5,7 % респондентов соответственно), напряжение глаз при взгляде на экран — 2,3 и 2,7 %, затуманенность и расплывчатость — 1,7 и 1,2 %. Характерно, что 49 % обследованных не испытывали проблем с фокусировкой зрения на дальней дистанции и примерно столько же (51,1 %) опрошенных не отметили «напряжение при фиксации взгляда на экран» (рис. 1).

Значимой корреляционной связи (r от $-0,024$ до $0,035$, $p > 0,2$) между стажем пользования девайсами и жалобами на проблемы с аккомодацией, вопреки ожиданиям, у обследованных нами респондентов выявлено не было (табл. 1). Вместе с тем анализ переменных «интенсивность жалоб» — «продолжительность пользования ЦТ и МЭУ за сеанс» показал значимую связь с напряжением при фиксации взгляда на экран ($r = 0,079$, $p = 0,004$), а также с затуманиванием зрения ($r = 0,061$, $p = 0,026$) и проблемой фокусировки вдаль ($r = 0,074$, $p = 0,007$). Корреляционный анализ переменных «интенсивность жалоб» — «продолжительность пользования ЦТ и МЭУ в течение дня» показал значимую связь с напряжением при фиксации взгляда на экран ($r = 0,066$, $p = 0,016$), а также между продолжительностью пользования девайсами и затуманиванием зрения ($r = 0,086$, $p = 0,002$) и проблемой фокусировки вдаль ($r = 0,075$, $p = 0,007$).

Хрестоматийным является мнение о значительной роли неоптимального расстояния от глаз до объекта наблюдения в патогенезе нарушений аккомодации. В таблице 2 представлены соответствующие данные скринингового онлайн-исследования. Как и предполагалось,

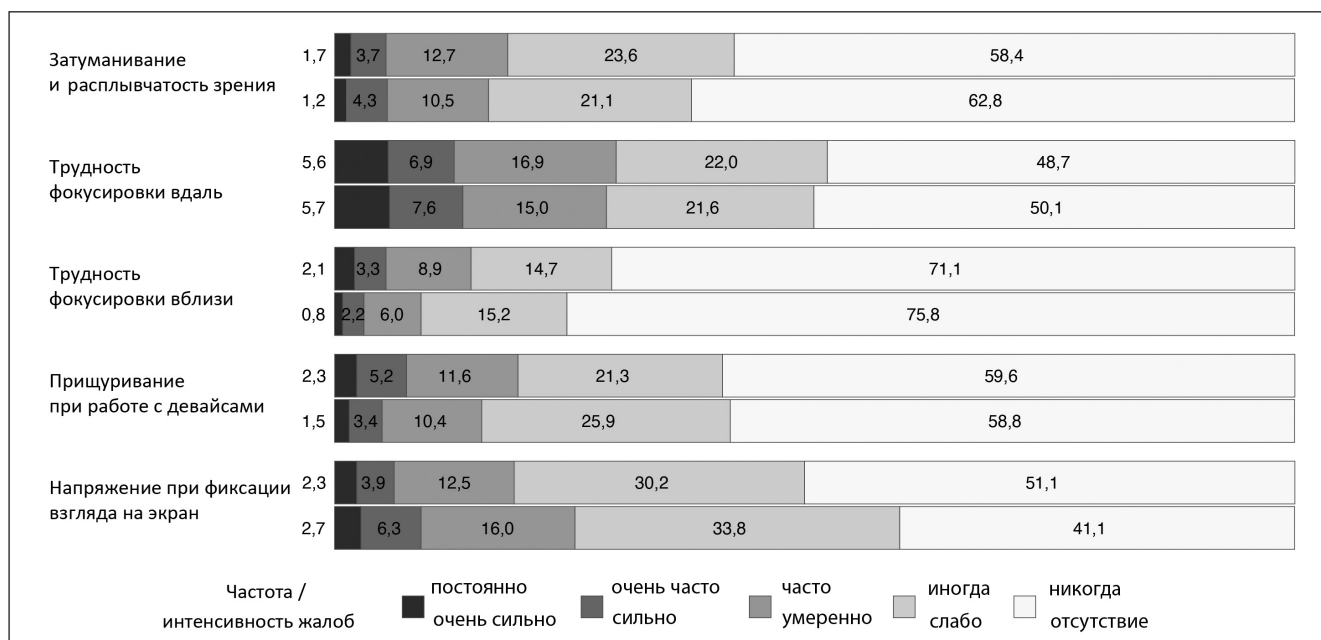


Рис. 1. Процентное соотношение обследованных с субъективными проявлениями цифровой аккомодационной астенопии

Fig. 1. Percentage of subjects with subjective manifestations of digital accommodative asthenopia

все значения r Спирмена были отрицательными, то есть подтверждается закономерность, в соответствии с которой чем больше расстояние до экрана, тем меньше выражены жалобы на аккомодационную астенопию. Тем не менее слабый характер связи может означать, что расстояние до экрана — важное, но не единственное условие, влияющее на аккомодационные жалобы. Другие факторы, такие как продолжительность использования устройства, освещение, размер шрифта и др., могут также играть определенную роль.

Кроме дистанции «глаз — объект», важным условием развития КЗС и аккомодационной астенопии является угол наблюдения. Нами были изучены три возможных варианта: анализ корреляций аккомодационных жалоб в зависимости от расстояния до экрана в трех группах расположения экрана относительно глаз: «ниже», «на уровне», «выше». В частности, при расположении экрана ниже уровня глаз обнаруживается отрицательная корреляция между наличием жалоб и расстоянием до экрана: чем больше дистанция, тем меньше жалоб. И наоборот, при расположении экрана на уровне или выше уровня глаз статистически значимых корреляций нет, кроме прищуривания при работе с девайсами (табл. 2).

ОБСУЖДЕНИЕ

Прежде всего, адекватная оценка распространенности и характера различных проявлений КЗС является непростой задачей из-за большого разнообразия устройств и условий их использования. Согласно одному из исследований общая распространенность симптомов цифрового перенапряжения глаз у жителей США находится на уровне 65 % [7], другие авторы приводят близкие (65–70 %) значения [2], с этим согласуются и наши данные.

Хорошо изученным и общеизвестным является факт, что в формировании аккомодационных нарушений при зрительно напряженной деятельности значительную роль играют гигиенические и эргономические факторы — соблюдение либо нарушение соответствующих рекомендаций. Применительно к компьютерным технологиям и разного рода экранному устройству к настоящему времени разработано и рекомендовано множество офтальмоэргонимических и гигиенических норм и правил [10–16]. Так, в более ранних работах была установлена сильная положительная корреляция между нарушением аккомодации и симптомами зрительного дискомфорта при работе вблизи, распространенность аккомодационной недостаточности оказалась значительно выше, чем предполагалось по клиническим прогнозам [18]. В публикациях показана связь использования экранных устройств с жалобами на зрительный дискомфорт [19]. Примечательно, что симптомы КЗС были выражены значительно сильнее при пользовании iPad по сравнению со стационарным компьютером в аналогичных условиях просмотра [20]. Большую роль при этом играют расстояние от глаз до экрана, а также угол зрения, которые для компьютеров должны составлять около 60 см,

Таблица 2. Коэффициенты корреляции аккомодационных жалоб в зависимости от расстояния до экрана при его расположении ниже, на уровне или выше уровня глаз

Table 2. Correlation coefficients of accommodative complaints depending on the distance to the screen when it is located below, at the level or above the eye level

Субъективные проявления цифровой аккомодационной астенопии Subjective manifestations of digital accommodative asthenopia	Положение экрана Screen position		
	на уровне глаз at eye level (n = 579)	ниже уровня глаз below eye level (n = 659)	выше уровня глаз above eye level (n = 72)
Напряжение при взгляде на экран Strain when looking at a screen	□ $r = -0,078$ $p = 0,060$	■ $r = -0,101$ $p = 0,010$	□ $r = -0,149$ $p = 0,212$
Прищуривание при работе с девайсами Squinting when using devices	■ $r = -0,084$ $p = 0,042$	■ $r = -0,119$ $p = 0,002$	■ $r = -0,297$ $p = 0,011$
Трудность ближней фокусировки Difficulty focusing close up	□ $r = -0,063$ $p = 0,125$	■ $r = -0,105$ $p = 0,007$	□ $r = -0,168$ $p = 0,159$
Трудность дальней фокусировки Difficulty focusing far away	□ $r = -0,037$ $p = 0,373$	■ $r = -0,107$ $p = 0,006$	□ $r = -0,047$ $p = 0,689$
Затуманенность и расплывчатость зрения Blurred and blurred vision	□ $r = -0,043$ $p = 0,295$	■ $r = -0,105$ $p = 0,007$	□ $r = -0,209$ $p = 0,077$

Примечание. Обозначения те же, что и в таблице 1.

Note. The designations are the same as in Table 1.

для смартфонов — около 30 см при небольшом наклоне головы вниз примерно в 10 градусов [12].

В контексте нашего исследования особое значение мы придаем патогенетическим аспектам, поскольку патофизиология КЗС является многофакторной [17], включающей как эндогенные, так и экзогенные причины, что и отражается на пестроте и разнообразии симптоматики. В связи с этим также уместно подчеркнуть, что использование диагностических опросников для оценки тяжести синдрома КЗС ранее было предложено Американской академией офтальмологии [10, 11]. Опросники предназначены для оценки максимального спектра субъективного дискомфорта, а не объективных параметров зрения, поэтому следует избегать любых обобщающих выводов. Кроме того, при трактовке корреляционных связей необходимо соблюдать определенную осторожность, поскольку сильная корреляция не всегда может отражать причинно-следственную связь, и наоборот, слабая корреляция не может исключать причинно-следственную связь [12].

В заключение отметим, что представленные выше данные указывают на адекватность и эффективность методического подхода с использованием многомерной шкалы в онлайн-режиме для анализа субъективных проявлений цифровой аккомодационной астенопии. Полученные данные подтверждают важную роль офтальмоэргонимических факторов в формировании аккомодационной астенопии у пользователей цифровых технологий и мобильных экранных устройств, не соблюдающих разработанные гигиенические правила и нормы. Отсутствие значимой корреляционной связи между стажем пользования девайсами и аккомодационными жалобами, статистически значимые, хотя и слабые связи между продолжительностью пользования ЦТ и МЭУ

могут свидетельствовать о том, что жалобы на зрительный дискомфорт аккомодационного генеза являются своего рода маркерами компенсаторных и адаптационных механизмов.

Мы полагаем, что многолетний стаж использования компьютерных технологий включает своего рода устойчивые, надежные механизмы компенсации аккомодации по типу долговременной адаптации, которые маскируют субъективные проявления КЗС и/или ЦПП. Напротив, жалобы на аккомодационную астенопию, связанные с продолжительностью пользования за сеанс или в течение суток, отражают срочные, «аварийные» меха-

низмы компенсации и проявляются более ярко в виде соответствующих жалоб на зрительный дискомфорт. Разумеется, данное положение является в значительной степени гипотетическим и требует соответствующего экспериментального подтверждения, чему будут посвящены следующие работы.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Шайхутдинова Э.Ф. — сбор и обработка материала, написание текста, статистическая обработка данных;
Мухаммадеев Т.Р. — организация и руководство исследованием, статистическая обработка данных, написание текста, редактирование;
Ахмадеев Р.Р. — концепция и дизайн исследования, написание текста, редактирование.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Cami-Bernal F, Soriano-Moreno DR, Romero-Robles MA, Barriga-Chambi F, Tuco KG, Castro-Diaz SD, Nuñez-Lupaca JN, Pacheco-Mendoza J, Galvez-Olortegui T, Benites-Zapata VA. Prevalence of computer vision syndrome: A systematic review and meta-analysis. *J Optom.* 2024 Jan-Mar;17(1):100482. doi: 10.1016/j.optom.2023.100482.
- Овечкин ИГ, Шавшина ДА. Компьютерный зрительный синдром с позиции принципов диагностики и лечения аккомодационного и сенсорного зрительного утомления: обзор литературы. *Российский медицинский журнал.* 2025;31(1):68–75. doi: 10.17816/medjrf643341.
- Ovechkin IG, Shavshina DA. Computer vision syndrome from the standpoint of the principles of diagnosis and treatment of accommodative and sensory visual fatigue: a literature review. *Russian Medical Journal.* 2025;31(1):68–75 (In Russ.). doi: 10.17816/medjrf643341.
- Овечкин ИГ, Гатиллов ДВ, Беликова ЕИ, Овечкин НИ, Кумар В. Взаимосвязь различных форм аккомодационной астенопии с особенностями профессиональной деятельности пациентов зрительно-напряженного труда с явлениями компьютерного зрительного синдрома. *Офтальмология.* 2023;20(2):308–313. doi: 10.18008/1816-5095-2023-2-308-313.
- Ovechkin IG, Gatilov DV, Belikova EI, Ovechkin NI, Kumar V. The relationship between various forms of accommodative asthenopia and the characteristics of professional activity of patients with visually intense work with the phenomena of computer vision syndrome. *Ophthalmology.* 2023;20(2):308–313 (In Russ.). doi: 10.18008/1816-5095-2023-2-308-313.
- Трубиллин ВН, Юдин ВЕ, Овечкин ИГ, Трубилина МА, Орлова ОМ, Ковригина ЕИ, Будко АА, Матвиенко ВВ. Современные аспекты компьютерного зрительного синдрома. *Клиническая практика.* 2021;12(3):43–50. doi: 10.17816/clinpract71366.
- Trubilin VN, Yudin VE, Ovechkin IG, Trubilina MA, Orlova OM, Kovrigina EI, Budko AA, Matvienko VV. Modern aspects of computer vision syndrome. *Clinical practice.* 2021;12(3):43–50 (In Russ.). doi: 10.17816/clinpract71366.
- Проскуркина ОВ, Тарутта ЕП, Иомдина ЕН, Страхов ВВ, Бржеский ВВ. Актуальная классификация астенопии: клинические формы и стадии. *Российский офтальмологический журнал.* 2016;9(4):69–73. doi: 10.21516/2072-0076-2016-9-4-69-73.
- Proskurina OV, Tarutta EP, Iomdina EN, Strakhov VV, Brzhesky VV. Current classification of asthenopia: clinical forms and stages. *Russian Ophthalmological Journal.* 2016;9(4):69–73 (In Russ.). doi: 10.21516/2072-0076-2016-9-4-69-73.
- De-Hita-Cantalejo C, Sánchez-González JM, Silva-Viguera C, Sánchez-González MC. Tweenager Computer Visual Syndrome Due to Tablets and Laptops during the Postlockdown COVID-19 Pandemic and the Influence on the Binocular and Accommodative System. *J Clin Med.* 2022 Sep 9;11(18):5317. doi: 10.3390/jcm11185317.
- Kaur K, Gurnani B, Nayak S, Deori N, Kaur S, Jethani J, Singh D, Agarkar S, Hus-saindeen JR, Sukhija J, Mishra D. Digital Eye Strain — A Comprehensive Review. *Ophthalmol Ther.* 2022 Oct;11(5):1655–1680. doi: 10.1007/s40123-022-00540-9.
- Redondo B, Jiménez R, Vera J, Rosenfield M. The impact of break schedules on digital eye strain symptoms and ocular accommodation during prolonged near work. *Exp Eye Res.* 2025 Sep;258:110463. doi: 10.1016/j.exer.2025.110463.
- Анастаси А, Урбина С. Психологическое тестирование. СПб., 2009.
- Anastasi A, Urbina S. Psychological testing. St. Petersburg, 2009 (In Russ.).
- American Academy of Ophthalmology. Computer vision syndrome (digital eye strain). EyeWiki. Available from: [https://eyewiki.org/Computer_Vision_Syndrome_\(Digital_Eye_Strain\)](https://eyewiki.org/Computer_Vision_Syndrome_(Digital_Eye_Strain)). Accessed June 17, 2025.
- American Optometric Association. Computer vision syndrome. Healthy eyes. Available from: <https://www.aoa.org/healthy-eyes/eye-and-vision-conditions/computer-vision-syndrome>. Accessed June 09, 2025.
- Ramteke S, Satgunam P. At what distance should digital devices be viewed? *Eye (Lond).* 2024;38(4):815–816. doi: 10.1038/s41433-023-02781-9.
- Jaschinski W, Heuer H, Kylian H. Preferred position of visual displays relative to the eyes: a field study of visual strain and individual differences. *Ergonomics.* 1998 Jul;41(7):1034–1049. doi: 10.1080/001401398186586.
- Naipal S, Khumalo N, Rahmtoola M, Chagi S, Didi L, Mthethwa S, Ndhlovu S, Persadh B, Rampersad N. Viewing distance, font size and symptoms of eyestrain in non-presbyopic and presbyopic smartphone users. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2025 Jan;45(1):269–279. doi: 10.1111/opo.13410.
- Rempel D, Willms K, Anshel J, Jaschinski W, Sheedy J. The effects of visual display distance on eye accommodation, head posture, and vision and neck symptoms. *Hum Factors.* 2007 Oct;49(5):830–838. doi: 10.1518/001872007X230208.
- Kim S, Koo S. Effect of duration of smartphone use on muscle fatigue and pain caused by forward head posture in adults. *Journal of Physical Therapy Science.* 2016;8:1669–1672. doi: 10.1589/jpts.28.1669.
- Portello JK, Rosenfield M, Bababekova Y, Estrada JM, Leon A. Computer-related visual symptoms in office workers. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2012 Sep;32(5):375–382. doi: 10.1111/j.1475-1313.2012.00925.x.
- Chase C, Tosha C, Borsting E, Ridder WH 3rd. Visual discomfort and objective measures of static accommodation. *Optom Vis Sci.* 2009 Jul;86(7):883–889. doi: 10.1097/OPX.0b013e3181ae1b7c.
- Kim DJ, Lim CY, Gu N, Park CY. Visual Fatigue Induced by Viewing a Tablet Computer with a High-resolution Display. *Korean J Ophthalmol.* 2017 Oct;31(5):388–393. doi: 10.3341/kjo.2016.0095.
- Phamonvaechavan P, Nitiapinyasagul R. A comparison between effect of viewing text on computer screen and iPad* on visual symptoms and functions. *Siriraj Med J.* 2017;69:185–189. doi: 10.14456/smj.2017.37.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Шайхутдинова Элина Фаритовна
врач-офтальмолог
<https://orcid.org/0000-0002-0174-3637>

Мухаммадеев Тимур Рафаэльевич
доктор медицинских наук, заведующий кафедрой офтальмологии;
заместитель генерального директора
<https://orcid.org/0000-0003-3078-2464>

Ахмадеев Рустэм Раисович
доктор медицинских наук, профессор, нейрофизиолог, медицинский психолог
<https://orcid.org/0000-0002-0212-2162>

ABOUT THE AUTHORS

Shaykhutdinova Elina F.
ophthalmologist
<https://orcid.org/0000-0002-0174-3637>

Mukhamadeev Timur R.
MD, head of the Chair of Ophthalmology, deputy director
<https://orcid.org/0000-0003-3078-2464>

Ahmadeev Rustem R.
MD, Professor, neurophysiologist, medical psychologist
<https://orcid.org/0000-0002-0212-2162>

Нарушение зрения как фактор риска саркопенического ожирения

Н.М. Агарков^{1,2}А.Е. Копылов¹

¹ Тамбовский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
Рассказовское шоссе, 1, Тамбов, 392000, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» Министерства науки
и высшего образования Российской Федерации
ул. 50 лет Октября, 94, Курск, 305040, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2026;23(1):123–128

Нарушение зрения и особенно выраженное снижение остроты зрения без коррекции вследствие старческой катаракты и первичной глаукомы существенно уменьшает двигательную активность пациентов пожилого возраста и может способствовать развитию саркопенического ожирения. Однако влияние зрительного дефицита на распространенность саркопенического ожирения в названном возрасте не изучалось. **Цель исследования** — изучение нарушения зрения как фактора риска саркопенического ожирения среди пациентов пожилого возраста. На базе Тамбовского филиала «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Федорова» обследованы 289 пациентов 60–74 лет с катарактой и саркопеническим ожирением и 294 пациента 60–74 лет с первичной глаукомой и саркопеническим ожирением. Диагностика катаракты выполнялась в соответствии с критериями, представленными в Клинических рекомендациях «Старческая катаракта», а первичной глаукомы — в «Национальном руководстве по глаукоме». Саркопеническое ожирение выявлялось по критериям сниженных мышечной силы, мышечной массы, а также с оценкой повышенного индекса массы тела с учетом рекомендаций, предложенных Европейской рабочей группой European working group on sarcopenia in older people (EWGSOP2, 2018). Максимальная распространенность саркопенического ожирения среди пациентов пожилого возраста с катарактой установлена по остроте зрения без коррекции 0,20–0,30, составившая $58,1 \pm 3,7$ % среди всех представителей данной группы. Высокая распространенность саркопенического ожирения наблюдалась и при остроте зрения без коррекции 0,31–0,40 — в $26,0 \pm 1,9$ % случаев. При других параметрах остроты зрения без коррекции при катаракте саркопеническое ожирение встречалось достоверно реже ($p < 0,001$). Аналогичная закономерность выявлена и при нарушении зрения вследствие первичной глаукомы у пациентов такого же возраста. Корреляционная связь как при катаракте ($r = -0,764$, $p < 0,001$), так и при первичной глаукоме ($r = -0,712$; $p < 0,001$) между остротой зрения без коррекции и распространением саркопенического ожирения оказалась сильной. Полученные результаты позволяют считать нарушение зрения значимым фактором риска саркопенического ожирения у пациентов пожилого возраста с катарактой и первичной глаукомой, а ранний скрининг данных заболеваний будет способствовать снижению саркопенического ожирения.

Ключевые слова: катаракта, первичная глаукома, саркопеническое ожирение, нарушение зрения, факторы риска, пожилой возраст

Для цитирования: Агарков Н.М., Копылов А.Е. Нарушение зрения как фактор риска саркопенического ожирения. *Офтальмология*. 2026;23(1):123–128. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-123-128>

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

Конфликт интересов отсутствует.



Visual Impairment as a Risk Factor for Sarcopenic Obesity

N.M. Agarkov^{1,2}, A.E. Kopylov¹

¹ The Tambov Branch of S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Rasskazovskoe Highway, 1, Tambov, 392000, Russian Federation

² Southwest State University
50 years of October str., 94, Kursk, 305040, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2026;23(1):123–128

Visual impairment and especially pronounced decrease in visual acuity without correction due to senile cataract and primary glaucoma significantly reduces the motor activity of elderly patients and can contribute to the development of sarcopenic obesity. However, the effect of visual deficit on the prevalence of sarcopenic obesity in the named age was not carried out. The purpose of the study was to study visual impairment as a risk factor for sarcopenic obesity among the elderly patients. At the S.N. Fedorov National medical research center "MNTS Eye Microsurgery" 289 patients aged 60–74 years with cataract and sarcopenic obesity and 294 patients aged 60–74 years with primary glaucoma and sarcopenic obesity were examined. Cataract was diagnosed according to the criteria presented in the Clinical Guidelines for Senile Cataract, and primary glaucoma — in the National Glaucoma Guidelines. Sarcopenic obesity was identified based on the criteria of decreased muscle strength, decreased muscle mass, and increased body mass index, taking into account the recommendations proposed by the European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP2, 2018). The maximum prevalence of sarcopenic obesity among elderly patients with cataract was established by uncorrected visual acuity of 0.20–0.30, which amounted to $58.1 \pm 3.7\%$ among all representatives of this group. A high prevalence of sarcopenic obesity was also observed with uncorrected visual acuity of 0.31–0.40 — $26.0 \pm 1.9\%$ of cases. With other parameters of uncorrected visual acuity in cataract, sarcopenic obesity was significantly less common ($p < 0.001$). A similar pattern was found in visual impairment due to primary glaucoma in patients of the same age. The correlation between uncorrected visual acuity and the prevalence of sarcopenic obesity was strong both in cataract ($r = -0.764$, $p < 0.001$) and in primary glaucoma ($r = -0.712$; $p < 0.001$). The obtained results allow us to consider visual impairment as a significant risk factor for sarcopenic obesity in the elderly with cataract and primary glaucoma, and early screening of these diseases will help reduce sarcopenic obesity.

Keywords: cataract, primary glaucoma, sarcopenic obesity, visual impairment, risk factors, elderly

For citation: Agarkov N.M., Kopylov A.E. Visual Impairment as a Risk Factor for Sarcopenic Obesity. *Ophthalmology in Russia*. 2026;23(1):123–128. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-123-128>

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

There is no conflict of interests.

ВВЕДЕНИЕ

Нарушение остроты зрения представляет собой распространённое явление среди лиц пожилого возраста [1–3], число которых за последние годы существенно увеличилось во многих странах мира [4–7], что в сочетании с ростом офтальмологических заболеваний требует значительных экономических затрат со стороны специализированной офтальмологической службы здравоохранения. Одной из ведущих причин нарушения зрения выступает катаракта: на ее долю приходится почти половина всех случаев слепоты [8] в развивающихся странах. Прогнозируется дальнейшее повышение частоты катаракты с 2025 по 2030 г. с достоверным ежегодным ростом, снижением производительности труда и существенным влиянием на экономику различных государств [8, 9].

Одновременно с подъемом заболеваемости катарактой наблюдается глобальное увеличение частоты первичной глаукомы [3, 10], которая считается второй по значимости причиной слепоты в мире после катаракты [10]. Распространенность глаукомы растет, ожидается, что к 2040 г. ею будут страдать 111,8 млн человек. Сообщается, что распространенность закрытоугольной и открытоугольной глаукомы наиболее высока в Азии

и Африке. Так, в Индии она составляет 6,48 и 2,54 млн соответственно; на долю Индии в мире приходится не менее 12,9 % случаев слепоты, вызванной первичной открытоугольной глаукомой, и 12,7 % — вторичной открытоугольной глаукомой. Глаукома составляет 1,96 % от общего бремени болезней в Индии.

Поскольку глаукома является необратимым заболеванием, крайне важно выявлять ее на ранней стадии и начинать лечение как можно раньше. Основная цель лечения глаукомы — сохранение качества жизни пациента. Прогрессирование глаукомы можно контролировать, а потерю зрения свести к минимуму или остановить с помощью лекарственных средств, хирургического вмешательства или лазерной терапии.

Несмотря на совершенствование хирургических и консервативных методов лечения глаукомы в мире и в Российской Федерации, увеличение количества врачей-офтальмологов, расширение сети офтальмологических специализированных отделений, диспансеров и центров, повышение их материально-технической оснащенности, заболеваемость глаукомой в нашей стране с 2017 г. возросла с 112,9 случаев на 100 000 населения до 113,8 случаев на 100 000 населения [11], при этом прогнозируется подъем

Н.М. Агарков, А.Е. Копылов

Контактная информация: Агарков Николай Михайлович vitalaxen@mail.ru

Нарушение зрения как фактор риска саркопенического ожирения

заболеваемости глаукомой с 118,9 случаев на 100 000 населения в 2025 г. до 120,4 случаев на 100 000 населения в 2030 г.

Зрительный дефицит вследствие катаракты и первичной глаукомы у пожилых людей вызывает ограничения в различных сферах бытовой и специальной активности, повседневной деятельности и двигательной активности [12, 13]. Уменьшение двигательной активности у пациентов пожилого возраста из-за патологии органа зрения может способствовать развитию саркопенического ожирения, представляющего сочетание саркопении и ожирения. Однако исследования с конкретными результатами влияния нарушения зрения на риск формирования саркопенического ожирения в отечественных и зарубежных научных публикациях до настоящего времени отсутствуют.

Цель исследования — изучение нарушения зрения как фактора риска саркопенического ожирения среди пожилых.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

В клинических условиях Тамбовского филиала НМНЦ «МНТК “Микрохирургия глаза” имени академика С.Н. Федорова» в 2023–2024 гг. в период прохождения стационарного специализированного офтальмологического обследования и лечения обследовано 289 пациентов пожилого возраста с катарактой и саркопеническим ожирением и 294 пациента пожилого возраста с первичной глаукомой и саркопеническим ожирением. В соответствии с обозначенной целью исследования проведен анализ распространенности саркопенического ожирения в зависимости от нарушения зрения, оцененного по остроте зрения без коррекции в выделенных двух группах одинакового возрастного ценза.

В исследование включены пациенты со зрелой и далекозашедшей стадией ядерной, кортикальной и смешанной формы возрастной катаракты, пациенты с II–III стадиями первичной открытоугольной глаукомы. Верификация обсуждаемых офтальмологических заболеваний проведена на основании результатов комплексного клинического и инструментального обследования пациентов на современном и сертифицированном в Российской Федерации офтальмологическом оборудовании. При выявлении рассматриваемых офтальмологических заболеваний использовались отечественные Клинические рекомендации «Старческая катаракта» [14] и «Национальное руководство по глаукоме» [15].

Нарушение зрения оценивалось объективно при непосредственном обследовании врачом-офтальмологом по остроте зрения без коррекции и дифференцировалось следующим образом: 0,20–0,30; 0,31–0,40; 0,41–0,50; 0,51–0,60.

Выявление саркопенического ожирения проводилось по критериям сниженной мышечной силы, сниженной мышечной массы, а также повышенного индекса массы тела с учетом рекомендаций, предложенных

Европейской рабочей группой European working group on sarcopenia in older people (EWGSOP2, 2018) [16]. Мышечная сила определялась методом кистевой динамометрии ручным динамометром «ДМЭР-120» и рассматривалась как низкая при жиме у мужчин менее 27 кг, а у женщин — менее 16 кг. Сниженная мышечная масса соответствовала величине окружности икроножных мышц в области голени менее 31 см. Ожирением считался индекс массы тела ≥ 30 кг/м².

С учетом указанных критериев остроты зрения без коррекции и саркопенического ожирения проведен анализ распространенности последней среди пожилых пациентов с катарактой и первичной глаукомой с определением стандартного отклонения (SD).

Исследование выполнено с соблюдением общепринятых этических норм и принципов.

Для выявления связи между указанными параметрами остроты зрения без коррекции и распространенностью саркопенического ожирения применялись стандартный статистический пакет Statistica 10.0 и корреляционный метод, а также расчет коэффициента детерминации. Оценка ассоциации нарушения зрения с саркопеническим ожирением осуществлялась по общепринятым критериям [17, 18].

При определении статистической значимости различий использовались непараметрический критерий χ^2 и критерий Стьюдента, а различие принималось достоверным при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Оценивая распространенность саркопенического ожирения в зависимости от остроты зрения без коррекции среди пациентов пожилого возраста с катарактой, установили наибольший показатель саркопенического ожирения в группе с высоким зрительным дефицитом, а именно при остроте зрения без коррекции 0,20–0,30 (табл. 1). При вышеуказанном дефиците зрительных функций саркопеническое ожирение встречалось у более половины включенных в исследование пациентов

Таблица 1. Распространенность саркопенического ожирения у пациентов с катарактой и глаукомой при различной остроте зрения без коррекции (P \pm SD, %)

Table 1. Prevalence of sarcopenic obesity in patients with cataract and glaucoma with different visual acuity without correction (P \pm SD, %)

Острота зрения без коррекции / Visual acuity without correction	Пациенты с катарактой / Patients with cataracts	Пациенты с глаукомой / Patients with glaucoma
0,20–0,30	58,1 \pm 3,7	60,8 \pm 4,2
0,31–0,40	26,0 \pm 1,9	20,7 \pm 2,1
0,41–0,50	8,9 \pm 1,2	9,9 \pm 1,5
0,51–0,60	7,0 \pm 0,8	8,6 \pm 1,2
Достоверность различий по критерию χ^2 / Reliability of differences according to the χ^2 criterion	$p_1-p_2 < 0,001$ $p_1-p_3 < 0,001$ $p_1-p_4 < 0,001$ $p_2-p_3 < 0,001$ $p_2-p_4 < 0,001$ $p_3-p_4 > 0,05$	$p_1-p_2 < 0,001$ $p_1-p_3 < 0,001$ $p_1-p_4 < 0,001$ $p_2-p_3 < 0,01$ $p_2-p_4 < 0,01$ $p_3-p_4 > 0,05$

60–74 лет с катарактой. Распространенность саркопенического ожирения при данной остроте зрения без коррекции статистически значимо была выше, чем при других рассматриваемых вариантах остроты зрения без коррекции. В частности, при остроте зрения без коррекции, составляющей 0,31–0,40, распространенность саркопенического ожирения была ниже в 2,2 раза со статистически достоверным различием относительно предыдущего зрительного дефицита — 0,20–0,30.

При снижении величины зрительного дефицита у пожилых пациентов с катарактой достоверно уменьшается и распространенность саркопенического ожирения. Это относится к остроте зрения без коррекции, равной 0,41–0,50, когда саркопеническое ожирение зарегистрировано лишь в 8,9 % случаев среди всех обследованных пациентов 60–74 лет с катарактой. Указанная величина распространенности саркопенического ожирения при остроте зрения без коррекции статистически значимо была в 2,9 раза ниже ($p < 0,001$), чем у лиц с остротой зрения без коррекции 0,31–0,40, то есть при большем зрительном дефиците. Однако при остроте зрения без коррекции 0,51–0,60 распространенность саркопенического ожирения не имела значимых различий ($p > 0,05$) относительно ранее рассмотренного зрительного дефицита — 0,41–0,50. В соответствии с этим можно говорить о том, что острота зрения без коррекции 0,41–0,50 и 0,51–0,60 практически не влияет на распространенность саркопенического ожирения у пациентов с катарактой. И напротив, высокий дефицит зрительных функций (0,20–0,30 и 0,31–0,40) выступает значимым фактором риска развития и повышения распространенности саркопенического ожирения среди пациентов пожилого возраста с катарактой.

Нарушение зрения у пациентов такого же возраста с первичной глаукомой, оцененное аналогично по остроте

зрения без коррекции, как свидетельствует выполненный анализ полученных результатов, оказывает существенное воздействие на распространенность саркопенического ожирения. Так, данный показатель оказался максимальным у пациентов с остротой зрения без коррекции 0,20–0,30, то есть при выраженном зрительном дефиците. При этом саркопеническое ожирение при остроте зрения без коррекции 0,20–0,30 у пациентов с первичной глаукомой выявлено среди практически одинакового числа пациентов с катарактой ($p > 0,05$), имевших ту же остроту зрения без коррекции. Распространенность саркопенического ожирения при названной величине зрительного дефицита была значимо выше, чем при остроте зрения без коррекции 0,31–0,40, с достоверным различием по отношению к пациентам 60–74 лет с первичной глаукомой с остротой зрения без коррекции 0,20–0,30 в 2,9 раза. Вместе с тем при остроте зрения без коррекции 0,31–0,40 у пожилых пациентов с первичной глаукомой выявлена высокая распространенность саркопенического ожирения, что также указывает на ассоциацию данной остроты зрения без коррекции с существенным фактором риска формирования саркопенического ожирения. При этом следует отметить, что распространенность саркопенического ожирения при остроте зрения без коррекции 0,31–0,40 среди пациентов с первичной глаукомой была достоверно ниже, чем у пациентов с катарактой при аналогичном зрительном дефиците.

Повышение остроты зрения без коррекции у пациентов 60–74 лет с первичной глаукомой до 0,41–0,50 сопровождалось снижением распространенности саркопенического ожирения, которая уменьшалась до 9,9 % случаев среди всех обследованных со статистически значимым различием относительно предыдущей группы с остротой зрения без коррекции 0,31–0,40. У пациентов с первичной глаукомой и остротой зрения без коррекции 0,51–0,60 реже выявлялось саркопеническое ожирение, частота которого не имела значимой разницы ни с пациентами пожилого возраста с первичной глаукомой с остротой зрения без коррекции 0,41–0,50, ни с пациентами того же возраста с катарактой с остротой зрения без коррекции 0,51–0,60. Это свидетельствует об отсутствии значимого влияния остроты зрения без коррекции 0,41–0,50 и 0,51–0,60 на формирование саркопенического ожирения у пациентов 60–74 лет, но вместе с тем однозначно говорит о том, что нарушение зрения с остротой зрения без коррекции 0,20–0,30 и 0,31–0,40 выступает значимым фактором риска саркопенического ожирения среди контингента пожилых.

Установленная закономерность, касающаяся нарушения зрения как фактора риска формирования саркопенического ожирения у пожилых пациентов с катарактой и первичной глаукомой, подтверждается и результатами корреляционного анализа (рис. 1).

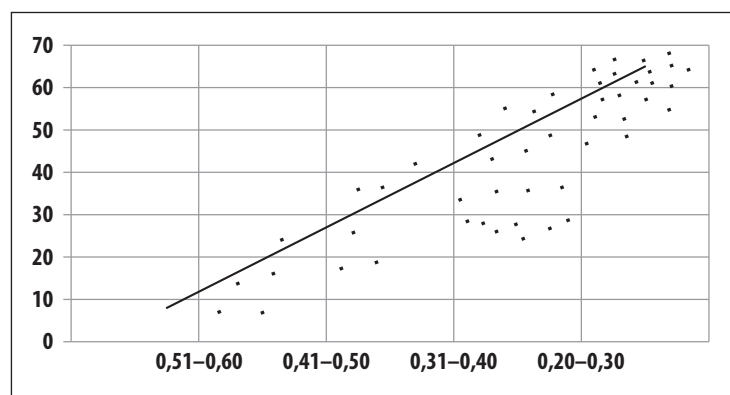


Рис. 1. Корреляционная связь между остротой зрения без коррекции у пациентов пожилого возраста с катарактой и распространенностью саркопенического ожирения. По оси абсцисс изображена острота зрения без коррекции, по оси ординат — распространенность саркопенического ожирения

Fig. 1. Correlation between uncorrected visual acuity in elderly patients with cataract and prevalence of sarcopenic obesity. Uncorrected visual acuity is shown on the abscissa, prevalence of sarcopenic obesity is shown on the ordinate

Так, среди пациентов 60–74 лет с катарактой между остротой зрения без коррекции установлена прямая сильная корреляция — $r = -0,765$ ($p < 0,001$), показывающая, что при снижении остроты зрения без коррекции среди пациентов с катарактой обозначенного возраста происходит увеличение распространенности саркопенического ожирения. Коэффициент детерминации влияния нарушения зрения в данном случае является высоким и достигает 58,37 %.

Нарушение зрения вследствие первичной глаукомы имеет с распространенностью саркопенического ожирения также прямую сильную связь при коэффициенте корреляции $r = -0,712$. При этом так же, как и в случае ассоциации нарушения зрения при катаракте с саркопеническим ожирением, распространенность последней повышается при снижении остроты зрения без коррекции (рис. 2).

Коэффициент детерминации влияния остроты зрения без коррекции при первичной глаукоме составляет 50,69 %, что незначительно ниже, чем при катаракте.

Установленное нами впервые влияние нарушения зрения вследствие катаракты и первичной глаукомы на распространенность саркопенического ожирения свидетельствует о том, что нарушение зрения в пожилом возрасте выступает существенным фактором риска саркопенического ожирения. В ранее выполненных исследованиях показана ассоциация нарушения зрительных функций с саркопенией как важной составной части саркопенического ожирения [2, 19, 20].

Указывая на продолжительный период наблюдения выполненного исследования и низкий риск систематической ошибки, авторы сообщают, что наличие нарушения зрения независимо увеличивает вероятность саркопении [19]. Кроме того, нарушение зрения независимо было связано с низкой мышечной силой и медленной скоростью передвижения. Иначе говоря, нарушение зрения снижает двигательную активность пациентов с офтальмологическими заболеваниями и повышает риск развития саркопении. Учитывая высокую распространенность нарушений зрения в пожилом возрасте и их связь с другими функциональными дефицитами, наличие общих факторов риска, связанных со здоровьем, выдвинута гипотеза о прямой связи нарушения зрения с этими факторами, в том числе и с саркопенией.

Однако необходимо отметить, что ряд авторов [2, 20, 21], в отличие от нашего исследования, использовали субъективные самоотчеты о наличии нарушения зрения, которое определялось как любое снижение остроты зрения у обследованных. Нами же при анализе влияния нарушения зрения на увеличение риска распространенности саркопенического ожирения исполь-

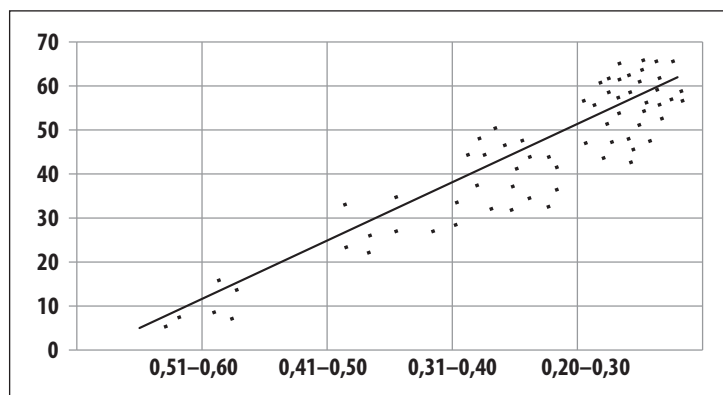


Рис. 2. Корреляционная связь между остротой зрения без коррекции у пациентов пожилого возраста с первичной глаукомой и распространенностью саркопенического ожирения. По оси абсцисс изображена острота зрения без коррекции, по оси ординат — распространенность саркопенического ожирения

Fig. 2. Correlation between uncorrected visual acuity in elderly patients with primary glaucoma and the prevalence of sarcopenic obesity. The abscissa shows uncorrected visual acuity, the ordinate shows the prevalence of sarcopenic obesity

зовались не только объективные показатели остроты зрения без коррекции, но и дифференцированные параметры зрительного дефицита, что, безусловно, следует считать сильной стороной выполненного нами исследования.

Нарушение зрения без дифференциации офтальмологической патологии связано с саркопенией среди пожилых людей в странах Африки и к югу от Сахары [2]. Кроме того, авторы полагают, что нарушение зрения, установленное по самоотчетам пациентов, можно рассматривать как ранний индикатор саркопении в пожилом возрасте. На наш взгляд, этот вывод можно экстраполировать и на саркопеническое ожирение, изученное в настоящей работе, показавшей высокую связь остроты зрения без коррекции с распространенностью саркопенического ожирения в пожилом возрасте среди пациентов с катарактой и первичной глаукомой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нарушение зрения вследствие катаракты и первичной глаукомы в пожилом возрасте выступает значимым фактором риска, повышающим распространенность саркопенического ожирения. Наибольшая распространенность последней зарегистрирована у пациентов с остротой зрения без коррекции 0,20–0,30 как при катаракте, так и при первичной глаукоме. Распространенность саркопенического ожирения при обоих офтальмологических заболеваниях существенно уменьшается при снижении величины зрительного дефицита по остроте зрения без коррекции, что подтверждено корреляционным методом, согласно которому между остротой зрения без коррекции вследствие катаракты и первичной глаукомы и распространенностью саркопенического

ожирения выявлена высокая обратная корреляционная связь с коэффициентами детерминации 58,37 и 50,69 % соответственно. Проведение регулярного офтальмологического скрининга и коррекция нарушения зрения будут способствовать снижению саркопенического ожирения,

ухудшающего качество жизни пациентов с рассмотренной офтальмопатологией.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Копылов А.Е. — сбор данных, концепция и дизайн исследования;
Агарков Н.М. — анализ данных и написание текста.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Агарков НМ, Копылов АЕ, Титов АА, Негребетский ВА, Османов РЭ. Особенности гериатрического статуса у пациентов с артериальной гипертензией и ишемической болезнью сердца (обзор). Научные результаты биомедицинских исследований. 2024;10(1):112–125.
- Agarkov NM, Kopylov AE, Titov AA, Negrebetsky VA, Osmanov RE. Features of geriatric status in patients with arterial hypertension and coronary heart disease (review). Research Results in Biomedicine. 2024;10(1):112–125 (In Russ.). doi: 10.18413/2658-6533-2024-10-1-0-7.
- Metanmo S, Kuate-Teguieu C, Gbessemehlan A, Dartigues JF, Ntsama MJ, Nguengang Yonta L, Kengne AP, Simo-Tabue N, Tabue-Teguio M. Self-reported visual impairment and sarcopenia among older people in Cameroon. Sci Rep. 2022;12(1):17694. doi: 10.1038/s41598-022-22563-9.
- Lin Y, Jiang B, Cai Y, Luo W, Zhu X, Lin Q, Tang M, Li X, Xie L. The Global Burden of Glaucoma: Findings from the Global Burden of Disease 2019 Study and Predictions by Bayesian Age-Period-Cohort Analysis. J Clin Med. 2023 Feb 24;12(5):1828. doi: 10.3390/jcm12051828.
- Chiu CJ, Li ML, Chou CY. Trends and biopsychosocial correlates of physical disabilities among older men and women in Taiwan: examination based on ADL, IADL, mobility, and frailty. BMC Geriatr. 2022;22(1):148. doi: 10.1186/s12877-022-02838-6.
- Gong J, Wang G, Wang Y, Chen X, Chen Y, Meng Q, Yang P, Yao Y, Zhao Y. Nowcasting and forecasting the care needs of the older population in China: analysis of data from the China Health and Retirement Longitudinal Study (CHARLS). Lancet Public Health. 2022 Dec;7(12):e1005–e1013. doi: 10.1016/S2468-2667(22)00203-1.
- Рязанцев СВ, Ростовская ТК, Давлетшина ЛА. Актуальные проблемы демографии и подготовка демографов в Туве. Новые исследования Тувы. 2022;4:146–168.
- Ryazantsev SV, Rostovskaya TK, Davletshina LA. Actual problems of demography and training of demographers in Tuva. The New Research of Tuva. 2022;4:146–168 (In Russ.). doi: 10.25178/nit.2022.4.12.
- Валиахметов РМ, Ломанова АК, Абылкаликов СИ. Сравнительный анализ демографической динамики в контексте развития человеческого потенциала в Башкортостане и Татарстане (1959–2021 гг.). Новые исследования Тувы. 2024;4:360–376.
- Valiakmetov RM, Romanova AK, Abylkalikov SI. Comparative analysis of demographic dynamics in the context of human potential development in Bashkortostan and Tatarstan (1959–2021). The New Research of Tuva. 2024;4:360–376 (In Russ.). doi: 10.25178/nit.2024.4.23.
- Wu TH, Jiang B, Liu WM, Li JQ, Song ZY, Lu PR. Time trends and gender disparities of Chinese cataract burden and their predictions. Int J Ophthalmol. 2023 Sep 18;16(9):1527–1534. doi: 10.18240/ijo.2023.09.21.
- Копылов АЕ, Агарков НМ, Алымова МВ. Влияние глаукомы и катаракты на повседневную деятельность пациентов с саркопеническим ожирением. Клиническая офтальмология. 2024;24(1):14–18.
- Kopylov AE, Agarkov NM, Alymova MV. Effect of glaucoma and cataract on daily activities in patients with sarcopenic obesity. Russian Journal of Clinical Ophthalmology. 2024;24(1):14–18 (In Russ.). doi: 10.32364/2311-7729-2024-24-1-3.
- Usgaonkar UPS, Naik R, Shetty A. The economic burden of glaucoma on patients. Indian J Ophthalmol. 2023;71(2):560–566. doi: 10.4103/ijo.IJO_1676_22.
- Мовсисян АБ, Куроедов АВ, Архаров МА, Прохоренко ВВ, Чепурнов ИА. Эпидемиологический анализ заболеваемости и распространенности первичной открытоугольной глаукомы в Российской Федерации. Клиническая офтальмология. 2022;22(1):3–10.
- Movsisyanyan AB, Kuroedov AV, Arkharov MA, Prokhorenko VV, Chepurnov IA. Epidemiological analysis primary open-angle glaucoma incidence and prevalence in Russia. Russian Journal of Clinical Ophthalmology. 2022;22(1):3–10 (In Russ.). doi: 10.32364/2311-7729-2022-22-1-3-10.
- Фабрикантов ОЛ, Копылов АЕ, Агарков НМ. Особенности влияния катаракты и глаукомы на деятельность в повседневной жизни пациентов с саркопеническим ожирением. Офтальмология. 2024;21(4):749–754.
- Fabrikantov OL, Kopylov AE, Agarkov NM. Features of the effect of cataracts and glaucoma on the daily activities of patients with sarcopenic obesity. Ophthalmology. 2024;21(4):749–754 (In Russ.). doi: 10.18008/1816-5095-2024-4-749-754.
- Фабрикантов ОЛ, Копылов АЕ, Агарков НМ. Возрастная жизнеспособность пациентов с офтальмопатологией в зависимости от диссоциации возраста. Офтальмология. 2024;21(4):838–843.
- Fabrikantov OL, Kopylov AE, Agarkov NM. Age-related viability of patients with ophthalmopathology depending on age dissociation. Ophthalmology. 2024; 21(4):749–754 (In Russ.). doi: 10.18008/1816-5095-2024-4-838-843.
- Клинические рекомендации «Старческая катаракта». М.: ООО «Ассоциация врачей-офтальмологов», 2020. 62 с.
- Clinical recommendations “Senile cataract”. Moscow: All-Russian public organization “Association of Ophthalmologists”; 2020. 62 p. (In Russ.).
- Нестеров АП. Глаукома. Изд. 2-е. М.: Медицинское информационное агентство, 2014. 360 с.
- Nesterov AP. Glaucoma. Ed. 2. Moscow: Medical Information Agency, 2014. 360 p. (In Russ.).
- Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, Cooper C, Landi F, Rolland Y, Sayer AA, Schneider SM, Sieber CC, Topinkova E, Vandewoude M, Visser M, Zamboni M; Writing Group for the European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2), and the Extended Group for EWGSOP2. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. Age Ageing. 2019 Jan 1;48(1):16–31. doi: 10.1093/ageing/afy169. Erratum in: Age Ageing. 2019 Jul 1;48(4):601. doi: 10.1093/ageing/afz046.
- Агарков НМ, Гонтарев СН, Зубарева НН, Куликовский ВФ, Кича ДИ. Общественное здоровье и здравоохранение. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2024. 560 с.
- Agarkov NM, Gontarev SN, Zubareva NN, Kulikovskiy VF, Kicha DI. Public health and healthcare. Moscow: SRC INFRA-M, 2024. 560 p. (In Russ.).
- Агарков НМ, Фабрикантов ОЛ, Николашин СИ, Аксенов ВВ, Процаев КИ. Общественное здоровье и здравоохранение. Сер. Специалитет. М.: КноРус, 2021. 624 с.
- Agarkov N.M., Fabrikantov O, Nikolashin SI, Aksenov VV, Prosdavov KI. Public health and healthcare. Ser. Specialty. Moscow: KnoRus Publ., 2021. 624 p. (In Russ.).
- Ho KC, Gupta P, Fenwick EK, Man REK, Gan ATL, Lamoureux EL. Association between age-related sensory impairment with sarcopenia and its related components in older adults: a systematic review. J Cachexia Sarcopenia Muscle. 2022 Apr;13(2):811–823. doi: 10.1002/jcsm.12930.
- Moon JH, Oh YH, Kong MH, Kim HJ. Relationship between visual acuity and muscle mass in the Korean older population: A cross-sectional study using Korean National Health and Nutrition Examination Survey. BMJ Open. 2019;9(12):e033846. doi: 10.1136/bmjopen-2019-033846.
- Gopinath B, Liew G, Burlutsky G, Mitchell P. Associations Between Vision, Hearing, and Olfactory Impairment With Handgrip Strength. J Aging Health. 2020;32(7–8):654–659. doi: 10.1177/0898264319843724.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Агарков Николай Михайлович
доктор медицинских наук, научный консультант, профессор кафедры биомедицинской инженерии
<https://orcid.org/0000-0002-4821-3692>

Копылов Андрей Евгеньевич
кандидат медицинских наук, заведующий отделением лазерного центра
<https://orcid.org/0000-0002-3536-1645>

ABOUT AUTHORS

Agarkov Nikolay M.
MD, scientific consultant, Professor of the Biomedical Engineering Department
<https://orcid.org/0000-0002-4821-3692>

Kopylov Andrey E.
PhD, head of the Laser Center Department
<https://orcid.org/0000-0002-3536-1645>

Пупиллометрия при заболеваниях сетчатки и зрительного нерва

М.А. Фролов^{1,2}И.В. Воробьева^{1,2}А.М. Фролов^{1,2}

Н.А. Супонева³, Д.А. Семина^{1,2}, Л.В. Янубовский¹, Э. Сабих¹, Н.Х.К. Маала¹, Г.Л. Григорян⁴, С.А. Бокарев⁵

¹ ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»
ул. Минлухо-Маклая, 6, Москва, 117198, Российская Федерация

² Клинико-диагностический центр ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»
ул. Минлухо-Маклая, 10, Москва, 117198, Российская Федерация

³ ФГБНУ «Российский центр неврологии и нейронаук»
Волоколамское шоссе, 80, Москва, 125367, Российская Федерация

⁴ ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»
Ленинские горы, 1, Москва, 119234, Российская Федерация

⁵ Клиника «Мать и дитя»
Зеленый проспект, 66/2, Москва, 111396, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2026;23(1):129-139

Изменение параметров зрачкового рефлекса зависит от состояния зрительного анализатора и нервной системы. Пупиллометрия является точным и простым в применении методом диагностики зрачкового рефлекса, с помощью которого можно выявить патологию на доклиническом уровне. Анализ литературных источников показал, что ученые по всему миру интересуются изменениями зрачковых параметров у пациентов с различной офтальмологической патологией: пигментным ретинитом, диабетической ретинопатией, возрастной макулярной дегенерацией, глаукомой, окклюзией центральной вены сетчатки, невритом зрительного нерва, ишемической оптической нейропатией. Установлено, что при поражении ганглиозного комплекса, нервных волокон сетчатки, а также головки зрительного нерва при различных офтальмологических заболеваниях происходит дисфункция зрачковой реакции. Степень выраженности изменений параметров пупиллометрии сопоставима с тяжестью поражения сетчатки и зрительного нерва, что подтверждается протоколами оптической когерентной томографии. Исследователи учитывали также и то, что палочки, колбочки и ганглиозные клетки имеют разные пороги активации и различаются по свойствам реакции, поэтому для оценки их функции предложили использовать стимулы разного цвета и разной интенсивности, что способствовало появлению такого способа диагностики, как хроматическая пупиллометрия. Цветовые стимулы также использовались для изучения реакции зрачков при заболеваниях зрительного нерва. Была отмечена разница в параметрах зрачкового рефлекса при воздействии стимулов красного и синего цвета. Изучение возможности применения пупиллометрии как эффективного скринингового метода в диагностике офтальмологических заболеваний относится к перспективному научному направлению.

Ключевые слова: пупиллометрия, глаукомная оптическая нейропатия, диабетическая ретинопатия, неврит зрительного нерва, ишемическая оптическая нейропатия

Для цитирования: Фролов М.А., Воробьева И.В., Фролов А.М., Супонева Н.А., Семина Д.А., Янубовский Л.В., Сабих Э., Маала Н.Х.К., Григорян Г.Л., Бокарев С.А. Пупиллометрия при заболеваниях сетчатки и зрительного нерва. *Офтальмология*. 2026;23(1):129-139. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-129-139>

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

Конфликт интересов отсутствует.



Pupillometry in Diseases of the Retina and Optic Nerve

M.A. Frolov^{1,2}, I.V. Vorobyova^{1,2}, A.M. Frolov^{1,2}, N.A. Suponeva³, D.A. Semina^{1,2}, L.V. Yakubovskiy¹, E. Sabih¹, H.H.H. Maala¹, G.L. Grigoryan⁴, S.A. Bokarev⁵

¹RUDN University

Miklukho-Maklaya str., 6, Moscow, 117198, Russian Federation

²Clinical and diagnostic center of the RUDN University

Miklukho-Maklaya str., 10, Moscow, 117198, Russian Federation

³Russian Center of Neurology and Neurosciences

Volokolamsk highway, 80, Moscow, 125367, Russian Federation

⁴Lomonosov Moscow State University

Leninskie Gory, 1, Moscow, 119234, Russian Federation

⁵Mother and Child Clinic

Green ave., 66/2, Moscow, 111396, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2026;23(1):129–139

Changes in pupillary reflex parameters depend on the state of the visual analyzer and nervous system. Pupillometry is an accurate and easy-to-use method for diagnosing pupillary reflex, which can detect pathology at the preclinical level. An analysis of literary sources showed that scientists around the world are interested in changes in pupil parameters in patients with various ophthalmological pathologies: pigment retinitis, diabetic retinopathy, age-related macular degeneration, glaucoma, central retinal vein occlusion, optic neuritis, and ischemic optic neuropathy. Determined that when the ganglion complex and nerve fibers of the retina and the optic nerve head are affected, pupillary reaction dysfunction occurs in various ophthalmological diseases. The severity of changes in pupillometry parameters is comparable to the severity of damage to the retina and optic nerve, which is confirmed by optical coherence tomography protocols. Scientists also took into account the fact that rods, cones, and ganglion cells have different activation thresholds and differ in reaction properties, so to assess their function, they proposed using stimuli of different colors and different intensities, which contributed to the emergence of such a diagnostic method as chromatic pupillometry. Color stimuli were also used to study pupillary response in optic nerve diseases; scientists noted differences in pupillary reflex parameters when exposed to red or blue stimuli. Studying the possibility of using pupillometry as an effective screening method in diagnosing ophthalmological diseases is a promising scientific direction.

Keywords: pupillometry, glaucoma optic neuropathy, diabetic retinopathy, neuritis optic nervus, ischemic optic neuropathy

For citation: Frolov M.A., Vorobyova I.V., Frolov A.M., Suponeva N.A., Semina D.A., Yakubovskiy L.V., Sabih E., Maala H.H.H., Grigoryan G.L., Bokarev S.A. Pupillometry in diseases of the retina and optic nerve. *Ophthalmology in Russia*. 2026;23(1):129–139. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-129-139>

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

There is no conflict of interests.

Пупиллометрия представляет собой диагностическую процедуру, предназначенную для анализа изменений в реакции зрачков в ответ на световые стимулы. Этот метод широко используется в офтальмологической и неврологической практике, демонстрируя значительный потенциал. Возможности пупиллометрии еще не до конца исследованы, что стимулирует большой интерес у практикующих врачей и делает ее многообещающим диагностическим инструментом [1]. Реакция зрачка на световое воздействие регулируется мышцами: сфинктером и дилатором радужной оболочки. Первая получает парасимпатическую иннервацию, а вторая — симпатическую. Баланс между активностью сфинктера и дилатора, контролируемый автономной нервной системой, позволяет глазу эффективно функционировать как при ярком свете, так и в темноте [2].

Изменения параметров реакций зрачков на свет зависят от состояния сетчатки, зрительного нерва, проводящих путей зрительного анализатора, прозрачности

оптических сред, а также от используемого светового стимула — его продолжительности, яркости и длины волны [3].

Хроматическая пупиллометрия представляет собой метод исследования, применяемый для оценки изменения зрачкового рефлекса в ответ на световые волны различной длины. В ходе процедуры происходит последовательное предъявление световых стимулов с отличающимися спектральными характеристиками. Этот тип пупиллометрии находит применение в изучении функционирования различных типов фоторецепторов, ганглиозных клеток сетчатки, а также состояния зрительного нерва при конкретном заболевании [4].

Ранее для оценки реакции зрачка на свет использовали обычный фонарик. Однако с развитием современных технологий, таких как автоматизированная пупиллометрия, появилась возможность исследовать широкий спектр параметров зрачкового рефлекса и проводить более детальный и точный анализ. Автоматизированная

пупиллометрия, в отличие от традиционных методов, позволяет получать объективные и количественные данные о размере зрачка, скорости его сужения и расширения, латентности рефлекса и других важных параметрах. Эти данные не зависят от субъективной оценки исследователя и могут быть легко воспроизведены, что повышает надежность результатов [5].

ПУПИЛЛОМЕТРИЯ ПРИ ПИГМЕНТНОМ РЕТИНИТЕ

По мнению ученых, реакция зрачка на свет служит показателем состояния сетчатки и зрительного нерва [6, 7]. Согласно данным, представленным в 2009 г. учеными из США R. Kardon и соавт., кратковременная реакция зрачка на стимуляцию с низкой интенсивностью коротковолнового (синего) спектра является индикатором работы палочек. В то же время кратковременный зрачковый ответ на длинноволновую (красную) стимуляцию в большей степени определяется колбочками. Более того, устойчивый зрачковый ответ, вызванный непрерывным воздействием высокоинтенсивного коротковолнового света, преимущественно обусловлен прямой активацией меланопсин-содержащих ганглиозных клеток сетчатки [8].

Пупиллометрия для диагностики поражения сетчатки наиболее широко применялась у пациентов с пигментным ретинитом. В 2013 г. в Израиле А. Skaat и соавт. представили серию клинических наблюдений за пациентами, страдающими пигментным ретинитом. В ходе этих исследований проводили хроматическую периметрию в сочетании с одновременной пупиллометрией. Результаты показали, что при стимуляции коротковолновым (синим) светом зрачковая реакция ослабевала по всей площади обследуемого поля зрения. Однако при использовании длинноволнового (красного) стимула уменьшение реакции зрачка отмечалось преимущественно в периферических областях [9].

На рисунке 1 указано, что у пациентов с пигментным ретинитом, в отличие от здоровых людей, показатели пупиллометрии были снижены на синий стимул более чем в 3 раза в каждой периметрической зоне.

В США R. Kardon и соавт. в 2011 г. проявили интерес к изучению постиллюминационного сужения зрачка у пациентов с пигментным ретинитом, поскольку данный процесс отражает активность меланопсинсодержащих ганглиозных клеток сетчатки. Наблюдения выявили явную тенденцию: у лиц, страдающих пигментным ретинитом, сокращение зрачков происходило с заметно меньшей амплитудой в сопоставлении со здоровыми испытуемыми, особенно в случаях стимуляции синим светом. Важно отметить, что установлено наличие взаимосвязи между изменениями показателей пупиллометрии и степенью прогрессирования болезни, так как у пациентов с более развитой формой пигментного ретинита отмечались более значительные отклонения в зрачковой реакции [10].

Таким образом, исследователи пришли к заключению, что для анализа работы сетчатки посредством пупиллометрии предпочтительнее применять хроматическую пупиллометрию. При воздействии световыми стимулами с разной длиной волны можно оценить степень нарушения работы каждого вида фоторецепторов. У пациентов с пигментным ретинитом диагностически значимо применение стимулов синего цвета, так как при воздействии на любую периметрическую зону происходит выраженное уменьшение параметров зрачковой реакции.

ПУПИЛЛОМЕТРИЯ ПРИ НЕВРИТЕ ЗРИТЕЛЬНОГО НЕРВА

Воспаление зрительного нерва, или неврит, часто возникает при воспалительных процессах в центральной нервной системе (ЦНС). Это состояние проявляется существенным ухудшением остроты зрения, дефектами

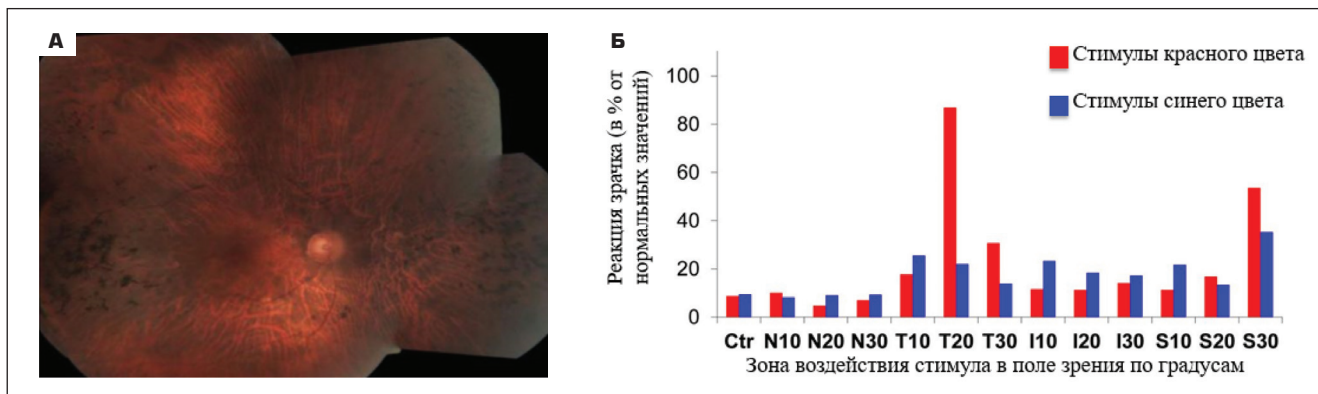


Рис. 1. Пигментный ретинит: А — фотография глазного дна пациента с пигментным ретинитом; Б — оценка реакции зрачка правого глаза больного на коротковолновые (синие) и длинноволновые (красные) стимулы, выраженная в процентах относительно среднестатистических показателей здоровых людей [9]

Fig. 1. Retinitis pigmentosa: А — photograph of the patient fundus with retinitis pigmentosa; Б — assessment of the reaction of the pupil of the patient's right eye to short-wave (blue) and long-wave (red) stimuli, expressed as a percentage relative to the average statistical indicators of healthy people [9]

в полях зрения и искажением восприятия цветов. При одностороннем неврите зрительного нерва наблюдается специфический клинический признак — афферентный зрачковый дефект, который выражается в неодинаковой реакции зрачков на одинаковые световые раздражители. Это указывает на нарушение передачи зрительного сигнала. Такое асимметричное сужение зрачков является важным диагностическим критерием [11, 12].

В 2025 г. в Германии F. Siebald и соавт. опубликовали работу, посвященную применению ультразвуковой пупиллометрии для идентификации относительного афферентного зрачкового дефекта у лиц с невритом зрительного нерва, развившимся на фоне системного заболевания центральной нервной системы. Исследователи подчеркнули, что тяжесть клинических проявлений неврита коррелировала с более медленными и асимметричными зрачковыми реакциями, зафиксированными при пупиллометрии. Степень повреждения диска зрительного нерва (ДЗН) была подтверждена с помощью оптической когерентной томографии (ОКТ) [11].

Группа исследователей во главе с G. Bitirgen в 2021 г. установила, что доступный метод пупиллометрии способен обнаруживать повреждения нервных волокон сетчатки и зрительного нерва у пациентов, страдающих рассеянным склерозом. Исследование показало, что у таких пациентов наблюдается уменьшение исходного размера зрачка и амплитуды его сужения, измеренное с помощью пупиллометрии. Тяжесть поражения перипапиллярных нервных волокон и диска зрительного нерва оценивалась с использованием ОКТ. Важно отметить, что из исследования были исключены пациенты, имевшие в прошлом эпизоды неврита зрительного нерва [13]. В 2023 г. испанские исследователи A. Gil-Casas и соавт. провели анализ изменений в зрачковых реакциях у больных рассеянным склерозом (РС). Пациенты были разделены на группы в зависимости от наличия или отсутствия в прошлом оптического неврита. Результаты показали, что у пациентов с воспалением зрительного нерва в анамнезе, в отличие от здоровых пациентов и пациентов без оптического неврита, наблюдалось уменьшение базового диаметра зрачка и амплитуды сокращения зрачка, а время сокращения зрачка было увеличено [14]. Изменения зрачковой реакции у пациентов с невритом зрительного нерва при РС подтверждены и в другой стране. Так, в Турции E. Karahan и соавт. установили, что у пациентов с рассеянным склерозом, имевших в анамнезе неврит зрительного нерва, наблюдается стойкое уменьшение реакции зрачков на свет. При этом разница в зрачковых реакциях между глазами, вызванная односторонним поражением зрительного нерва, оставалась заметной даже после того, как зрение восстановилось и воспалительный процесс был купирован [15].

Все исследователи пришли к единому мнению, что при неврите зрительного нерва во всех рассмотренных случаях наблюдалось общее ослабление зрачковой

реакции. Особенно выражены изменения в процессах сокращения, что проявляется в увеличении времени сокращения, а также уменьшении амплитуды сокращения и уменьшении базового диаметра зрачка. Кроме того, анализ результатов пациентов выявил асимметрию зрачков у больных с односторонним поражением, которая сохранялась даже в периоды ремиссии.

ПУПИЛЛОМЕТРИЯ ПРИ ДИАБЕТИЧЕСКОЙ РЕТИНОПАТИИ

Особый интерес к изменениям зрачковых реакций при сахарном диабете (СД) демонстрируется в исследованиях, проведенных австралийскими специалистами. Две группы ученых использовали мультифокальную пупиллографическую объективную периметрию (mfPDR) с целью изучения характеристик полей зрения и зрачковых ответов у лиц с СД. В частности, A. Bell и соавт. проводили обследование пациентов, страдающих сахарным диабетом 2-го типа (СД2) [16], в то время как F. Sabeti и соавт. занимались оценкой зрительных функций у пациентов с сахарным диабетом 1-го типа (СД1) [17]. Оба исследования показали наличие местных функциональных отклонений в полях зрения и аномалии в характеристиках зрачкового рефлекса, а именно задержку ответа на световой стимул. Важно отметить, что у обследованных пациентов не наблюдалось явных признаков диабетической ретинопатии (ДР) или они были незначительными. Снижение чувствительности зрачковой реакции значительно коррелировало с метаболическим статусом пациентов, а именно с индексом массы тела и уровнем гликированного гемоглобина (HbA1c).

В другом исследовании, проведенном S. Bista Karki и соавт. в Непале и опубликованном в 2020 г., ставилась задача продемонстрировать с помощью пупиллометрии, что нарушения в автономной регуляции зрачка могут возникать раньше, чем микрососудистые изменения, типичные для ДР. В исследовании приняли участие 211 пациентов с СД2 в возрасте от 45 до 80 лет. Участники были разделены на три группы: без ДР, с легкой или умеренной ДР и с тяжелой ДР. Были включены также 70 участников соответствующего возраста, у которых по результатам скрининга диабет не был обнаружен. У пациентов с диабетом, в отличие от здоровых лиц контрольной группы, отмечалось снижение парасимпатической активности зрачка. При этом значимых различий в симпатической функции зрачка между всеми исследуемыми группами не зафиксировано. Однако у пациентов с диабетом наблюдалось существенное замедление средней скорости дилатации зрачка [18]. Аналогичные результаты получили S. Erdem и соавт. при обследовании 120 пациентов, которых разделили на 3 группы: с СД и ДР (1-я группа), СД без ДР (2-я группа) и контрольная группа из здоровых субъектов (3-я группа) [19].

По мнению S. Smith и R. Dewhirst, в состоянии покоя размер зрачка регулируется симпатической нервной

системой, и сужение зрачка свидетельствует об уменьшении активности этой системы. В фазе сужения параметры зрачковой реакции, такие как диаметр и скорость сокращения, отражают активность парасимпатической системы, в то время как в фазе восстановления обе системы взаимодействуют [20].

В 2010 г. бразильские исследователи G.L. Ferrari и соавт. использовали пупиллометрию для анализа изменений зрачковых реакций у лиц с вегетативными нарушениями, возникшими как осложнение СД. Пациенты с СД были разделены на две группы: первая включала больных СД без кардиальной автономной нейропатии (КАН), а вторая — пациентов с СД и КАН. Полученные данные зрачкового рефлекса сравнивались с аналогичными показателями здоровых людей. На основании проведенного анализа результатов исследователи пришли к выводу, что у лиц, страдающих сахарным диабетом, отмечалось сужение зрачка в состоянии покоя и ослабление выраженности зрачковой реакции. У пациентов, не имеющих КАН, зафиксирован более узкий зрачок в покое по сравнению с контрольной группой, что может указывать на начальную стадию автономной дисфункции. У лиц, страдающих СД и КАН, латентный период между световым раздражителем и сокращением зрачка оказался увеличенным по сравнению с пациентами с СД без КАН. Скорость сужения зрачка у больных диабетом демонстрировала существенное снижение в отличие от показателей здоровых людей [21].

На рисунке 2 показано, что у здоровых пациентов, у пациентов с СД и КАН и у пациентов с СД без КАН есть существенная разница в базовом диаметре зрачка.

Аналогичные данные получили ученые из Перу A.G. Lerner и соавт. при обследовании пациентов с СД и КАН. Согласно их исследованиям, у пациентов с СД и КАН было зафиксировано снижение исходного диаметра зрачка и ослабление амплитуды его реакции [22].

Изучая влияние ДР, группы турецких исследователей V. Sankurtaran и соавт. в 2021 г. [23] и H. Kiziloprak и соавт. в 2019 г. [24] независимо друг от друга провели пупиллометрические исследования. Анализируя параметры зрачка, они обнаружили взаимосвязь между степенью тяжести ДР и характеристиками зрачка. Оба иссле-

дования показали, что более тяжелые формы ДР, а также большая длительность заболевания связаны с уменьшением диаметра зрачка и существенным замедлением скорости его расширения. Сингапурскими исследователями Т.Е. Тап и соавт. в 2022 г. была проведена работа, направленная на оценку способности хроматической пупиллометрии обнаруживать и локализовать нарушения в работе нейронов сетчатки у пациентов с ДР и без нее. В исследовании участвовали 82 пациента с СД и 93 здоровых человека. Для оценки использовались пупиллометрические параметры, такие как амплитуда фазового сужения, максимальная амплитуда сужения и реакция зрачков после освещения. Наблюдалось снижение всех параметров на красный и синий цвета в сравнении с параметрами здоровой группы пациентов [25].

В 2021 г. в Бразилии было проведено исследование, посвященное особенностям протекания сахарного диабета 2-го типа (СД2) в сочетании с артропатией Шарко. М. Trindade и соавт. обследовали 60 человек, которых разделили на три группы: 16 пациентов с СД2 и артропатией Шарко, 21 пациент с СД2 без артропатии и 23 здоровых добровольца, которые составили контрольную группу. В ходе работы применялись такие методы исследования, как пупиллометрия, мейбография, менискометрия и неинвазивное измерение времени разрыва слезной пленки. Для проведения измерений использовался прибор Oculus Keratograph 5M (OCULUS Optikgerate GmbH, Германия). Сравнение результатов, полученных для контрольной группы, пациентов с СД2 и СД2 с артропатией Шарко, выявило существенные различия в показателях пупиллометрии. В частности, у пациентов с СД, особенно у тех, кто страдал артропатией Шарко, наблюдался меньший средний диаметр зрачка. На рисунке 3 показано, что у лиц, страдающих артропатией Шарко, отмечалось ухудшение стабильности слезной пленки и уменьшение выработки секрета мейбомиевых желез [26].

В 2025 г. исследователи из Индии М. Thakar и соавт. представили научную статью, посвященную анализу зрачковой функции у больных сахарным диабетом с использованием автоматической пупиллометрии. В рамках исследования также была изучена взаимосвязь

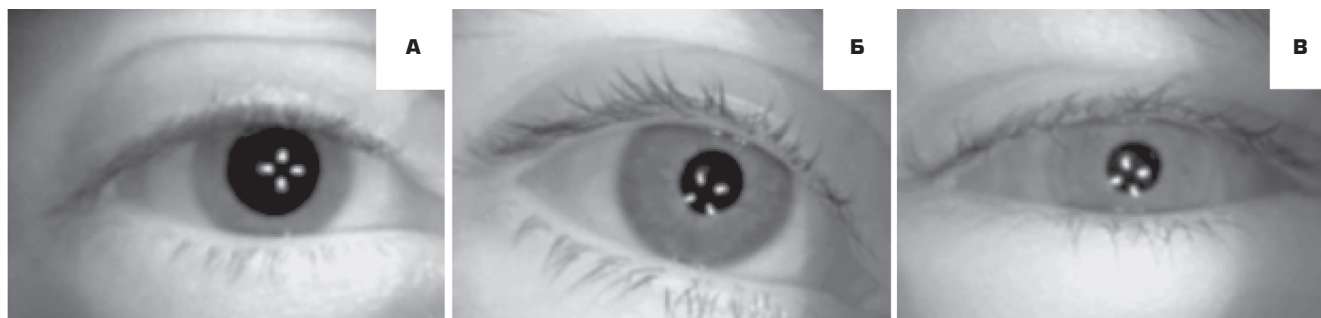


Рис. 2. Фотография глаза в темноте: А — здорового пациента, Б — пациента с СД без КАН, В — пациента с СД и КАН [21]

Fig. 2. Photograph of the eye in the dark: А — healthy patient, Б — patient with diabetes without CAN, В — patient with diabetes and CAN [21]

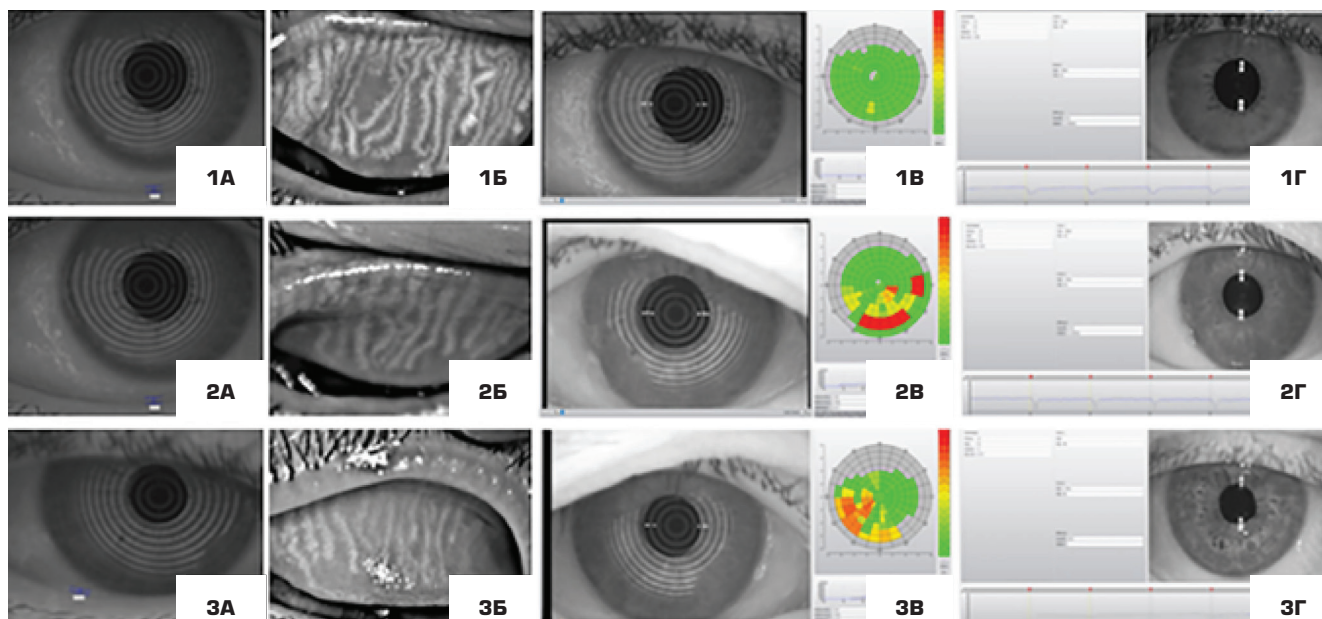


Рис. 3. Результаты обследования на аппарате Oculus Keratograph 5M (OCULUS Optikgerate GmbH, Германия) пациентов контрольной группы (1), пациентов с СД2 (2) и пациентов с СД2 и с артропатией Шарко (3): А — высота слезного мениска, Б — мейбография, В — веинвазивное время разрыва слезной пленки, Г — пупиллометрия [26]

Fig. 3. Results of patient examination using the Oculus Keratograph 5M device (OCULUS Optikgerate GmbH, Germany) in the control group (1), patients with type 2 diabetes (2), and diabetics with Charcot arthropathy (3): А — tear meniscus height, Б — meibography, В — noninvasive tear time, Г — pupillometry [26]

между толщиной слоя нервных волокон сетчатки (RNFL) и характеристиками зрачка у пациентов, страдающих СД. В качестве стимула применялся белый свет с длиной волны 880 нм. Пациенты были разделены на 3 группы: пациенты с СД и ДР (38 человек), пациенты с СД без ДР (27 человек), 25 здоровых людей составили контрольную группу. Статическая пупиллометрия показала значительные различия в параметрах зрачковой реакции между тремя группами. Пациенты с диабетом, как с ДР, так и без нее, имели значительно меньший диаметр зрачка по сравнению с контрольной группой. Амплитуда сокращения и скорость сокращения были значительно ниже у пациентов с диабетом по сравнению с контрольной группой. Была выявлена значительная разница в толщине верхней половины слоя RNFL между пациентами с СД без ДР и пациентами с СД и ДР. При этом было показано, что толщина RNFL в верхнем квадранте демонстрировала более тесную взаимосвязь с изменениями параметров зрачковой реакции, зафиксированными при пупиллометрии, по сравнению с другими квадрантами [27].

Таким образом, авторами отмечено, что при СД отмечается ослабление зрачкового ответа, причем изменения характеристик зрачка наблюдаются раньше, чем проявляются заметные признаки ДР. У лиц с КАН зафиксировано уменьшение исходного размера зрачка и сокращение амплитуды его движений по сравнению с теми, у кого КАН отсутствует. У людей с артропатией Шарко определено уменьшение среднего диаметра зрачка, что также

взаимосвязано с ухудшением устойчивости слезной пленки и сокращением секреции мейбомиевых желез.

Таким образом, в проанализированных работах особенно подчеркивается дисфункция работы вегетативной нервной системы у пациентов с СД. Во всех исследованиях авторы отмечают, что у пациентов с СД наблюдается сужение базового размера зрачка, уменьшение амплитуды движения, снижение скорости сужения или расширения зрачка, задержка реакции зрачка на свет. К тому же у пациентов с клинически подтвержденным наличием КАН изменения в зрачковых параметрах более выражены, чем у пациентов с СД без КАН. У пациентов с артропатией Шарко наблюдается взаимосвязь между уменьшением показателей зрачкового рефлекса, дисфункцией работы мейбомиевых желез и нарушением стабильности слезной пленки.

ПУПИЛЛОМЕТРИЯ В ДИАГНОСТИКЕ ГЛАУКОМНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ НЕЙРОПАТИИ

Глаукома — это заболевание, которое характеризуется постепенной гибелью ганглиозных клеток сетчатки, а также нервных волокон, что может влиять на изменение зрачкового рефлекса [28, 29].

Рефлекс изменения диаметра зрачка запускается ганглиозными клетками, которые получают информацию через биполярные клетки от фоторецепторов. Доказано, что в связи с потерей ганглиозных клеток при глаукоме изменяется реакция зрачка на свет, поэтому ученые по всему миру считают, что пупиллометрия может стать

хорошим диагностическим инструментом в ранней диагностике глаукомы [30–33].

В Польше в 2025 г. D. Jaworski и соавт. представили работу, в которой изучали взаимосвязь между параметрами зрачкового рефлекса, измеренными при помощи пупиллометра, и ОКТ-маркерами, связанными с глаукомой. Обследовано 387 участников (103 пациента с глаукомой, 284 контрольных субъекта). Для оценки толщины рRNFL, ганглиозного комплекса сетчатки (GCC) и состояния зрительного нерва пациенты подвергались ОКТ-визуализации на аппарате Avanti RTVue XR (Optovue, США). У пациентов с глаукомой наблюдалось более сильное сужение начального размера зрачка и уменьшение амплитуды сужения зрачка [34]. Аналогичные результаты получены S. Bayraktar и соавт. в 2023 г., которые продемонстрировали корреляции между такими параметрами пупиллометрии, как начальный размер зрачка, амплитуда движения, скорость сужения и расширения зрачка, и типичными маркерами глаукомы — поражением рRNFL и GCC [35].

Хроматическая пупиллометрия становится перспективным диагностическим инструментом для оценки как структурных, так и функциональных нарушений, связанных с такими заболеваниями, как глаукома [36].

В 2023 г. группа ученых во главе с Y. Quan провела обследование пациентов с диагнозом глаукомы, используя хроматическую пупиллометрию. Данное исследование проводилось, чтобы установить, существует ли связь между характеристиками зрачкового рефлекса и изменениями структуры макулярной области, полученными с помощью ОКТ. В исследовании участвовали

23 здоровых добровольца и 46 пациентов, страдающих глаукомой. Результаты показали, что величина сужения зрачка, скорость сокращения и время его расширения после светового стимула коррелирует с толщиной перифовеальной зоны сетчатки. На рисунке 4 отражено, что у пациентов с глаукомой, в отличие от здоровых пациентов, наблюдается уменьшение диаметра зрачка, при этом протокол ОКТ у пациентов с глаукомой показывает уменьшение толщины сетчатки [37].

В 2021 г. группа исследователей из Сингапура во главе с R.P. Najjar представила результаты научной работы, посвященной изучению потенциала хроматической пупиллометрии для диагностики глаукомы. В статье рассматривается вопрос, может ли хроматическая пупиллометрия служить инструментом для ранней диагностики глаукомы. В исследовании приняли участие 149 человек с установленным диагнозом глаукомы и 173 здоровых добровольца. Авторы оценивали изменения в реакции зрачка на свет при воздействии световых стимулов синего (469 нм) и красного (640 нм) спектров. Результаты показали, что параметры сужения и расширения зрачков у лиц с глаукомой отличались от таковых у здоровых участников. Исходный размер зрачка у пациентов с глаукомой был меньше, чем у пациентов из контрольной группы, также у пациентов с глаукомой замедлялись скорость сужения и редилатация зрачка. Интересно, что максимальный уровень сужения зрачка в ответ на синий свет оказался наиболее статистически значимым показателем глаукомы [38].

Аналогичные данные в 2015 г. получили A.V. Rukmini и соавт., которые в работе отметили, что у лиц

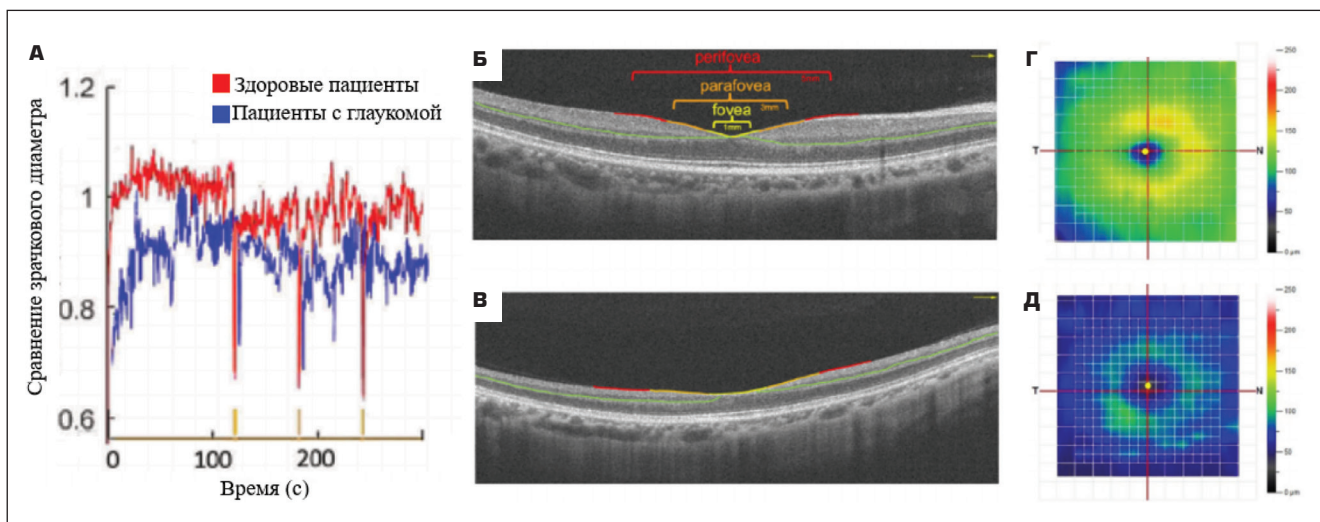


Рис. 4. ОКТ макулярной области и карта толщины сетчатки: А — графики зрачковых реакций здоровых пациентов и графики зрачковых реакций пациентов с глаукомой, Б — протокол сканирования зон макулярной области по ОКТ у здорового пациента, В — протокол сканирования зон макулярной области по ОКТ у пациента с глаукомой, Г — карта толщины сетчатки на здоровом глазу, Д — карта толщины сетчатки на глаукомном глазу [37]

Fig.4. OCT of the macular region and retinal thickness map 2: A — pupillary response graphs of healthy patients and pupillary response graphs of patients with glaucoma, Б — protocol of scanning of macular areas using OCT in a healthy patient, В — protocol of scanning of macular areas using OCT in a patient with glaucoma, Г — retinal thickness map in a healthy eye, Д — retinal thickness map in a glaucoma eye [37]

страдающих глаукомой, реакция зрачков на синий свет снижается сильнее, чем на красный. Это явление было ассоциировано с увеличением потери периферического зрения и более выраженной экскавацией диска зрительного нерва. [39].

Таким образом, результаты научных работ свидетельствуют о том, что у пациентов с глаукомой отмечаются аномалии в параметрах зрачковой реакции. При этом степень выраженности данных изменений коррелирует с уровнем повреждения ганглиозных клеток, установленным в ходе ОКТ-диагностики: чем большему разрушению подверглись эти клетки при глаукоме, тем существенно падает скорость сужения и расширения зрачка в ответ на световой раздражитель. Авторы также отмечают уменьшение амплитуды движения зрачка у пациентов с глаукомой. Важно отметить, что пупиллометрические показатели зрачков у глаукомных больных проявляют большую чувствительность к синему цвету, чем к красному.

ПУПИЛЛОМЕТРИЯ ПРИ ВОЗРАСТНОЙ МАКУЛЯРНОЙ ДЕГЕНЕРАЦИИ

Возрастная макулярная дегенерация (ВМД) характеризуется повреждением слоев сетчатки. Исходя из этого исследователи выдвинули гипотезу о том, что у людей, страдающих этим заболеванием, будут наблюдаться изменения в характеристиках зрачка. [40, 41].

M.L. Maynard и соавт. изучали вопрос, касающийся того, изменяется ли реакция зрачков на свет при ранней стадии ВМД. Авторы обследовали 40 человек, у 20 из них диагностирована ранняя форма ВМД, а другие 20 были здоровыми пациентами. Авторами установлено, что даже при ранней стадии ВМД при предъявлении стимула синего цвета происходит уменьшение амплитуды движения зрачка, уменьшение максимального диаметра сужения зрачка, увеличение времени задержки сужения зрачка после вспышки [40].

В 2023 г. ученые из Бразилии D. Decleva и соавт. опубликовали работу, в которой описали изменение параметров зрачкового рефлекса, оцененного при помощи хроматического пупиллометра, у пациентов с диагнозом ВМД. Участников исследования разделили на 3 группы: с диагнозами «сухая форма ВМД», «неоваскулярная ВМД» и контрольная здоровая группа. Оценку функций колбочкового аппарата проводили с помощью вспышек красного цвета (длина волны 631 нм) с синим фоном, а для оценки палочкового аппарата — вспышки синего цвета (длина волны 470 нм). В исследовании авторы сравнили нарушения, происходящие в фоторецепторах при сухой форме ВМД и при неоваскулярной форме. Удалось выяснить, что палочки страдают больше при неоваскулярной форме, а существенной разницы в поражении колбочкового аппарата между сухой и неоваскулярной формами заболевания обнаружено не было [42].

Таким образом, было установлено, что при ВМД в патологический процесс вовлекаются фоторецепторы сет-

чатки. Применение синего светового стимула при проведении пупиллометрии у пациентов на ранней стадии ВМД предпочтительнее, поскольку помогает зафиксировать незначительные изменения в амплитуде и скорости сокращения зрачка. Кроме того, было обнаружено, что при неоваскулярной ВМД палочковый аппарат страдает в большей степени, чем при сухой форме заболевания.

ПУПИЛЛОМЕТРИЯ ПРИ ИШЕМИЧЕСКОЙ ОПТИЧЕСКОЙ НЕЙРОПАТИИ

Ишемическая оптическая нейропатия влияет на светочувствительные ганглиозные клетки сетчатки, что можно выявить с помощью обследования реакции зрачка на свет [43, 44].

В 2013 г. K. Herbst и соавт. использовали хроматическую пупиллометрию для обследования пациентов с односторонней ишемической нейропатией зрительного нерва. В рамках исследования были изучены пациенты с подтвержденным диагнозом ишемической оптической нейропатии на одном глазу. Кроме того, у тех же пациентов анализировались здоровые глаза, не подвергшиеся патологическому воздействию. Независимую контрольную группу составили здоровые добровольцы, не имеющие каких-либо заболеваний глаз. В пораженных глазах реакции зрачков были снижены и в фазе стимуляции, и в течение восстановительной фазы. Даже при наличии атрофии зрительного нерва в пострадавших глазах реакция зрачков на синий свет оставалась в норме. Более того, у этих пациентов наблюдалась повышенная чувствительность зрачка к синему цвету на здоровом глазу, превосходящая показатели здоровых людей. Авторы предположили наличие на непораженном глазу компенсаторной, адаптивной меланопсиновой реакции, возникшей в ответ на одностороннюю ишемическую нейропатию на парном глазу [45].

В своей работе в 2015 г. ученые из Дании С. Tsika и соавт. описали результаты исследования, в котором участвовали пациенты с односторонней ишемической оптической нейропатией (10 человек), двусторонней ишемической оптической нейропатией (8 человек) и группа здоровых пациентов (29 человек). При помощи пупиллометра измерялись зрачковые параметры при предъявлении красных и синих вспышек сначала монокулярно для всех глаз, а затем всем пациентам было проведено бинокулярное предъявление стимулов. На все монокулярно предъявляемые стимулы в глазах с ишемической оптической нейропатией наблюдали снижение скорости реакции зрачка и постимпульсного размера зрачка, что позволило сделать вывод о дисфункции светочувствительных ганглиозных клеток при ишемической нейропатии. А при бинокулярном исследовании у пациентов с односторонним патологическим процессом параметры зрачковой реакции на пораженном глазу совпадали с параметрами пациентов контрольной группы [46].

Таким образом, в исследованиях подчеркивается, что хроматическая пупиллометрия позволила обнаружить компенсаторный механизм в интактных глазах. Этот механизм проявляется при стимуляции синим цветом и обусловлен функционированием светочувствительных ганглиозных клеток здорового глаза. В результате ответная зрачковая реакция в здоровом глазу усиливается. Более того, у лиц с односторонним поражением при выполнении бинокулярной пупиллографии показатели зрачкового ответа соответствовали значениям, наблюдаемым у здоровых людей. Это дает основания полагать о существовании компенсаторного механизма в глазу с ишемической оптической нейропатией.

ПУПИЛЛОМЕТРИЯ У ПАЦИЕНТОВ С ОККЛЮЗИЕЙ ВЕН СЕТЧАТКИ

Окклюзия вен сетчатки — заболевание, сопровождающееся прекращением кровотока сетчатки и, следовательно, развитием ишемии. Н.В. Turk и соавт. в 2021 г. опубликовали результаты перекрестного сравнительного исследования, в котором у пациентов с окклюзией вен сетчатки и проведенной фотокоагуляцией оценка зрачкового рефлекса проводилась при помощи динамической пупиллометрии. В исследование были включены 34 пациента с окклюзией вен сетчатки, всем проведена фотокоагуляция, и 14 пациентов с окклюзией вен сетчатки без проведения лазерного лечения. В результате авторы отметили, что глаза, в которых была проведена лазерная фотокоагуляция, имели более низкую амплитуду сокращения зрачка, более длительную задержку сокращения, более медленную скорость сокращения и расширения зрачка по сравнению со здоровыми глазами [47].

Авторы отметили, что фотокоагуляция хоть и является эффективным методом лечения при окклюзии вен сетчатки, направленным на предотвращение неоваску-

ляризации и снижение риска развития вторичной глаукомы, может оказывать негативное воздействие на зрачковый рефлекс.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, анализ литературных источников показал, что патологические изменения в сетчатке или зрительном нерве могут приводить к нарушению нормальной реакции зрачка на свет, что может быть выявлено с помощью пупиллометрии. Зрачковый рефлекс является сложным нейронным механизмом, в котором участвуют различные структуры, включая сетчатку, зрительный нерв, ствол мозга и автономную нервную систему. Преимуществами пупиллометрии являются неинвазивность и объективность метода. Исследование проводится быстро и не требует специальной подготовки пациента. Результаты пупиллометрии могут быть количественно оценены, что позволяет отслеживать динамику заболевания и эффективность лечения. Особенно перспективным направлением является изучение возможности применения пупиллометрии для раннего выявления патологии сетчатки и зрительного нерва. В свою очередь, раннее выявление заболеваний позволит своевременно начать лечение и сохранить зрение.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Фролов М.А. — концепция и дизайн исследования, окончательное утверждение рукописи;
 Воробьева И.В. — концепция и дизайн исследования, статистическая обработка данных, редактирование текста, написание текста;
 Фролов А.М. — сбор и обработка материала, редактирование текста, статистическая обработка данных;
 Супонева Н.А. — концепция и дизайн исследования, статистическая обработка материала, редактирование текста;
 Семина Д.А. — сбор и обработка материала, написание текста;
 Якубовский Л.В. — сбор и обработка материала, написание текста;
 Сабих Э. — сбор и обработка материала, подготовка иллюстраций;
 Маала К.Х.К. — сбор и обработка материала, подготовка иллюстраций;
 Григорян Г.Л. — сбор и обработка материала, редактирование текста;
 Бокарев С.А. — сбор и обработка материала, написание текста.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Gibertoni G, Hromov A, Piffaretti F, Geiser MH. Development of an Innovative Pupillometer Able to Selectively Stimulate the Eye's Fundus Photoreceptor Cells. *Diagnostics (Basel)*. 2024 Sep 2;14(17):1940. doi: 10.3390/diagnostics14171940.
- Hall CA, Chilcott RP. Eyeing up the Future of the Pupillary Light Reflex in Neurodiagnostics. *Diagnostics (Basel)*. 2018 Mar 13;8(1):19. doi: 10.3390/diagnostics8010019.
- Kelbsch C, Strasser T, Chen Y, Feigl B, Gamlin PD, Kardon R, Peters T, Roeklein KA, Steinhauer SR, Szabadi E, Zele AJ, Wilhelm H, Wilhelm BJ. Standards in Pupillometry. *Front Neurol*. 2019 Feb 22;10:129. doi: 10.3389/fneur.2019.00129.
- Rukmini AV, Milea D, Gooley JJ. Chromatic Pupillometry Methods for Assessing Photoreceptor Health in Retinal and Optic Nerve Diseases. *Front Neurol*. 2019 Feb 12;10:76. doi: 10.3389/fneur.2019.00076.
- Pinheiro HM, da Costa RM. Pupillary light reflex as a diagnostic aid from computational viewpoint: A systematic literature review. *J Biomed Inform*. 2021 May;117:103757. doi: 10.1016/j.jbi.2021.103757.
- Shenoy P, Sen A. Commentary: The utility of automated pupillometry in retinal disorders. *Indian J Ophthalmol*. 2021 Oct;69(10):2751. doi: 10.4103/ijoo.IJO_1181_21.
- Rosli Y, Carle CF, Ho Y, James AC, Kolic M, Rohan EMF, Maddess T. Retinotopic effects of visual attention revealed by dichoptic multifocal pupillography. *Sci Rep*. 2018 Feb 14;8(1):2991. doi: 10.1038/s41598-018-21196-1.
- Kardon R, Anderson SC, Damarjian TG, Grace EM, Stone E, Kawasaki A. Chromatic pupil responses: preferential activation of the melanopsin-mediated versus outer photoreceptor-mediated pupil light reflex. *Ophthalmology*. 2009 Aug;116(8):1564-1573. doi: 10.1016/j.ophtha.2009.02.007.
- Skaat A, Sher I, Kolker A, Elyasiv S, Rosenfeld E, Mhajna M, Melamed S, Belkin M, Rotenstreich Y. Pupillometer-based objective chromatic perimetry in normal eyes and patients with retinal photoreceptor dystrophies. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2013 Apr 17;54(4):2761-2770. doi: 10.1167/iovs.12-11127.
- Kardon R, Anderson SC, Damarjian TG, Grace EM, Stone E, Kawasaki A. Chromatic pupillometry in patients with retinitis pigmentosa. *Ophthalmology*. 2011 Feb;118(2):376-381. doi: 10.1016/j.ophtha.2010.06.033.
- Siebold F, Grittner U, Otto C, Bereuter C, Zimmermann HG, Harms L, Klöner J, Schreiber SJ, Paul F, Rupprecht K, Schmidt FA. Ultrasound pupillometry for the detection of a relative afferent pupillary defect (RAPD): Systematic evaluation in patients with optic neuritis and comparison with infrared video pupillometry. *PLoS One*. 2025 Jan 10;20(1):e0315712. doi: 10.1371/journal.pone.0315712.
- Zheng D, Huang Z, Chen W, Zhang Q, Shi Y, Chen J, Cen L, Li T. Repeatability and clinical use of pupillary light reflex measurement using RAPDx[®] pupillometer. *Int Ophthalmol*. 2022 Jul;42(7):2227-2234. doi: 10.1007/s10792-022-02222-8.
- Bitirgen G, Akpınar Z, Turk HB, Malik RA. Abnormal Dynamic Pupillometry Relates to Neurologic Disability and Retinal Axonal Loss in Patients With Multiple Sclerosis. *Transl Vis Sci Technol*. 2021 Apr 1;10(4):30. doi: 10.1167/tvst.10.4.30.
- Gil-Casas A, Piñero DP, Molina-Martín A. Dynamic Pupillary Response in Multiple Sclerosis Patients with and without Optic Neuritis. *Biomedicines*. 2023 Dec 17;11(12):3332. doi: 10.3390/biomedicines11123332.
- Karahan E, Karti O, Koskdereliolu A, Karti DT, Uyar M, Kale MY, Gedizlioglu M. Pupil cycle time: as indicator of visual pathway dysfunction in multiple sclerosis. *Acta Neurol Belg*. 2017 Mar;117(1):75-81. doi: 10.1007/s13760-016-0740-0.
- Bell A, James AC, Kolic M, Essex RW, Maddess T. Dichoptic multifocal pupillography reveals afferent visual field defects in early type 2 diabetes. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2010 Jan;51(1):602-608. doi: 10.1167/iovs.09-3659.
- Sabeti F, Carle CF, Nolan CJ, Jenkins AJ, James AC, Baker L, Coombes CE, Cheung V, Chiou M, Maddess T. Multifocal pupillographic objective perimetry for assessment of early diabetic retinopathy and generalised diabetes-related tissue injury in persons with type 1 diabetes. *BMC Ophthalmol*. 2022;22(1):166. doi: 10.1186/s12886-022-02382-2.

18. Bista Karki S, Coppell KJ, Mitchell LV, Ogbuehi KC. Dynamic Pupillometry in Type 2 Diabetes: Pupillary Autonomic Dysfunction and the Severity of Diabetic Retinopathy. *Clin Ophthalmol*. 2020 Nov 17;14:3923–3930. doi: 10.2147/OPTH.S279872.
19. Erdem S, Karahan M, Ava S, Pekkolay Z, Demirtas AA, Keklikci U. The effectiveness of automatic pupillometry as a screening method to detect diabetic autonomic neuropathy. *Int Ophthalmol*. 2020 Nov;40(11):3127–3134. doi: 10.1007/s10792-020-01499-x.
20. Smith SA, Dewhurst RR. A simple diagnostic test for pupillary abnormality in diabetic autonomic neuropathy. *Diabet Med*. 1986 Jan;3(1):38–41. doi: 10.1111/j.1464-5491.
21. Ferrari GL, Marques JL, Gandhi RA, Heller SR, Schneider FK, Tesfaye S, Gamba HR. Using dynamic pupillometry as a simple screening tool to detect autonomic neuropathy in patients with diabetes: a pilot study. *Biomed Eng Online*. 2010 Jun 17;9:26. doi: 10.1186/1475-925X-9-26.
22. Lerner AG, Bernabé-Ortiz A, Tisce R, Hernandez A, Huaylinos Y, Pinto ME, Málaga G, Checkley W, Gilman RH, Miranda JJ; CRONICAS Cohort Study Group. Type 2 diabetes and cardiac autonomic neuropathy screening using dynamic pupillometry. *Diabet Med*. 2015 Nov;32(11):1470–1478. doi: 10.1111/dme.12752.
23. Cankurtaran V, Ilhan C, Tekin K, Citirik M, Dirican E, Gurkan E. Use of automated quantitative pupillometric evaluation for monitoring the severity of diabetic retinopathy. *Arq Bras Oftalmol*. 2021 Jan-Feb;84(1):37–44. doi: 10.5935/0004-2749.20210007.
24. Kızıltoprak H, Tekin K, Sekeroglu MA, Yetkin E, Doguizi S, Yilmazbas P. Static and Dynamic Pupillary Responses in Patients with Different Stages of Diabetic Retinopathy. *Neuroophthalmology*. 2019 Nov 25;44(4):226–235. doi: 10.1080/01658107.2019.1671465.
25. Tan TE, Finkelstein MT, Tan GSW, Tan ACS, Chan CM, Mathur R, Wong EYM, Cheung CMG, Wong TY, Milea D, Najjar RP. Retinal neural dysfunction in diabetes revealed with handheld chromatic pupillometry. *Clin Exp Ophthalmol*. 2022 Sep;50(7):745–756. doi: 10.1111/ceo.14116.
26. Trindade M, Castro de Vasconcelos J, Ayub G, Grubenmacher AT, Gomes Huarachi DR, Vitorino M, Correa-Giannella ML, Atala YB, Zantut-Wittmann DE, Parisi MC, Alves M. Ocular Manifestations and Neuropathy in Type 2 Diabetes Patients With Charcot Arthropathy. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2021 Apr 21;12:585823. doi: 10.3389/fendo.2021.585823.
27. Thakar M, Tripathy SP, Dutta P, Bhattacharya S, Dhaka U. Quantitative automated pupillometry in diabetic patients and correlation with retinal nerve fibre layer thickness. *Eye (Lond)*. 2025 Jul;39(10):1983–1989. doi: 10.1038/s41433-025-03793-3.
28. Aranda ML, Schmidt TM. Diversity of intrinsically photosensitive retinal ganglion cells: circuits and functions. *Cell Mol Life Sci*. 2021 Feb;78(3):889–907. doi: 10.1007/s00018-020-03641-5.
29. Rukmini AV, Milea D, Gooley JJ. Chromatic Pupillometry Methods for Assessing Photoreceptor Health in Retinal and Optic Nerve Diseases. *Front Neurol*. 2019 Feb 12;10:76. doi: 10.3389/fneur.2019.00076.
30. Chang DS, Arora K, Boland MV, Friedman DS. The Relationship Between Quantitative Pupillometry and Estimated Ganglion Cell Counts in Patients With Glaucoma. *J Glaucoma*. 2019 Mar;28(3):238–242. doi: 10.1097/IJG.0000000000001183.
31. Barrionuevo P, Luis I, Tripolone C. Photoreceptor Contributions to the Human Pupil Light Reflex. *J of Photochem and Photobiol*. 2023;15:100178. doi: 10.1016/j.jpp.2023.100178.
32. Quan Y, Duan H, Zhan Z, Shen Y, Lin R, Liu T, Zhang T, Wu J, Huang J, Zhai G, Song X, Zhou Y, Sun X. Binocular head-mounted chromatic pupillometry can detect structural and functional loss in glaucoma. *Front Neurosci*. 2023 Jun 29;17:1187619. doi: 10.3389/fnins.2023.1187619.
33. Arévalo-López C, Gleitze S, Madariaga S, Plaza-Rosales I. Pupillary response to chromatic light stimuli as a possible biomarker at the early stage of glaucoma: a review. *Int Ophthalmol*. 2023 Jan;43(1):343–356. doi: 10.1007/s10792-022-02381-8.
34. Jaworski D, Suwała K, Kaluzny BJ, Kaluzny JJ. Comparison of an AI-based mobile pupillometry system and NPi-200 for pupillary light reflex and correlation with glaucoma-related markers. *Front Neurol*. 2025 Jan 9;15:1426205. doi: 10.3389/fneur.2024.1426205.
35. Bayraktar S, Hondur G, Şekeroglu MA, Şen E. Evaluation of Static and Dynamic Pupillary Functions in Early-Stage Primary Open Angle Glaucoma. *J Glaucoma*. 2023 Jul 1;32(7):e90–e94. doi: 10.1097/IJG.0000000000002212.
36. Pillai MR, Sinha S, Aggarwal P, Ravindran RD, Privitera CM. Quantification of RAPD by an automated pupillometer in asymmetric glaucoma and its correlation with manual pupillary assessment. *Indian J Ophthalmol*. 2019 Feb;67(2):227–232. doi: 10.4103/ijo.IJO_648_18.
37. Quan Y, Duan H, Zhan Z, Shen Y, Lin R, Liu T, Zhang T, Wu J, Huang J, Zhai G, Song X, Zhou Y, Sun X. Evaluation of the Glaucomatous Macular Damage by Chromatic Pupillometry. *Ophthalmol Ther*. 2023 Aug;12(4):2133–2156. doi: 10.1007/s40123-023-00738-5.
38. Najjar RP, Rukmini AV, Finkelstein MT, Nusinovici S, Mani B, Nongpiur ME, Perera S, Husain R, Aung T, Milea D. Handheld chromatic pupillometry can accurately and rapidly reveal functional loss in glaucoma. *Br J Ophthalmol*. 2023 May;107(5):663–670. doi: 10.1136/bjophthalmol-2021-319938.
39. Rukmini AV, Milea D, Baskaran M, How AC, Perera SA, Aung T, Gooley JJ. Pupillary Responses to High-Irradiance Blue Light Correlate with Glaucoma Severity. *Ophthalmology*. 2015 Sep;122(9):1777–1785. doi: 10.1016/j.opth.2015.06.002.
40. Maynard ML, Zele AJ, Feigl B. Melanopsin-Mediated Post-Illumination Pupil Response in Early Age-Related Macular Degeneration. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2015 Oct;56(11):6906–6913. doi: 10.1167/iov.15-17357.
41. Brandl C, Zimmermann ME, Herold JM, Helbig H, Stark KJ, Heid IM. Photostress Recovery Time as a Potential Predictive Biomarker for Age-Related Macular Degeneration. *Transl Vis Sci Technol*. 2023 Feb 1;12(2):15. doi: 10.1167/tvst.12.2.15.
42. Decleva D, Vidal KS, Kreuz AC, de Menezes PAHL, Ventura DF. Alterations of color vision and pupillary light responses in age-related macular degeneration. *Front Aging Neurosci*. 2023 Jan 5;14:933453. doi: 10.3389/fnagi.2022.933453.
43. Zivcevska M, Blakeman A, Lei S, Goltz HC, Wong AMF. Binocular Summation in Postillumination Pupil Response Driven by Melanopsin-Containing Retinal Ganglion Cells. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2018 Oct 1;59(12):4968–4977. doi: 10.1167/iov.18-24639.
44. Negi R, Kalivemula M, Bisht K, Bhate M, Sachdeva V, Bharadwaj SR. Diagnostic accuracy of a modularized, virtual-reality-based automated pupillometer for detection of relative afferent pupillary defect in unilateral optic neuropathies. *Front Ophthalmol (Lausanne)*. 2024 Sep 3;4:1396511. doi: 10.3389/fopht.2024.1396511.
45. Herbst K, Sander B, Lund-Andersen H, Wegener M, Hannibal J, Milea D. Unilateral anterior ischemic optic neuropathy: chromatic pupillometry in affected, fellow non-affected and healthy control eyes. *Front Neurol*. 2013 May 10;4:52. doi: 10.3389/fneur.2013.00052.
46. Tsika C, Crippa SV, Kawasaki A. Differential monocular vs. binocular pupil responses from melanopsin-based photoreception in patients with anterior ischemic optic neuropathy. *Sci Rep*. 2015 Jun 15;5:10780. doi: 10.1038/srep10780.
47. Turk HB, Bitirgen G, Satirtav G, Kerimoglu H. Assessment of pupillary light reflex using dynamic pupillometry in laser-treated eyes with retinal vein occlusion. *Eur J Ophthalmol*. 2021 Sep;31(5):2505–2510. doi: 10.1177/1120672120969038.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Фролов Михаил Александрович
доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой глазных болезней,
директор Офтальмологического центра Клинико-диагностического центра
<https://orcid.org/0000-0002-9833-623>

Воробьева Ирина Витальевна
доктор медицинских наук, профессор кафедры глазных болезней,
врач-офтальмолог Офтальмологического центра
Клинико-диагностического центра
<https://orcid.org/0000-0003-2707-8417>

Фролов Александр Михайлович
кандидат медицинских наук, доцент кафедры глазных болезней,
врач-офтальмолог Офтальмологического центра
Клинико-диагностического центра
<https://orcid.org/0000-0003-0988-1361>

Супонева Наталья Александровна
доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор
<https://orcid.org/0000-0003-3956-6362>

Семина Дарья Андреевна
ассистент кафедры глазных болезней, врач-офтальмолог
Офтальмологического центра Клинико-диагностического центра
<https://orcid.org/0009-0003-6567-8779>

ABOUT THE AUTHORS

Frolov Michael A.
MD, Professor, head of the Eye Diseases Department,
director of the Ophthalmology Center
<https://orcid.org/0000-0002-9833-623>

Vorobyeva Irina V.
MD, Professor, Professor of the Eye Diseases Department,
ophthalmologist of the Ophthalmology Center
<https://orcid.org/0000-0003-2707-8417>

Frolov Alexandr M.
PhD, Associate Professor of the Eye Diseases Department,
ophthalmologist of the Ophthalmology Center
<https://orcid.org/0000-0003-0988-1361>

Suponeva Natalia A.
MD, Professor, Corresponding Member of RAS, head of Institute
<https://orcid.org/0000-0003-3956-6362>

Semina Daria A.
assistant of the Eye Diseases Department,
ophthalmologist of the Ophthalmology Center
<https://orcid.org/0009-0003-6567-8779>

М.А. Фролов, И.В. Воробьева, А.М. Фролов, Н.А. Супонева, Д.А. Семина, Л.В. Якубовский...

Якубовский Леонид Владимирович
ординатор 2-го года кафедры глазных болезней
<https://orcid.org/0009-0008-0574-9068>

Yakubovskiy Leonid V.
second-year medical resident of the Eye Diseases Department
<https://orcid.org/0009-0008-0574-9068>

Сабих Эван
ординатор 2-го года кафедры глазных болезней
<https://orcid.org/0009-0009-4659-8988>

Sabih Evan
second-year medical resident of the Eye Diseases Department
<https://orcid.org/0009-0009-4659-8988>

Маала Каррар Хайдер Карим
ординатор 1-го года кафедры глазных болезней
<https://orcid.org/0009-0001-7543-1185>

Maala Karrar H.K.
first-year medical resident of the Eye Diseases Department
<https://orcid.org/0009-0001-7543-1185>

Григорян Григорий Леонович
научный сотрудник
<https://orcid.org/0009-0002-3678-2588>

Grigoryan Grigorii L.
research fellow
<https://orcid.org/0009-0002-3678-2588>

Бокарев Сергей Александрович
офтальмолог
<https://orcid.org/0009-0006-6162-2665>

Bokarev Sergey A.
ophthalmologist
<https://orcid.org/0009-0006-6162-2665>

Особенности оптической когерентной томографии макулярной области у пациентов с миопией высокой степени

Е.С. Макаревич^{1,2}Г.А. Федяшев^{1,2}М.П. Ручкин^{1,2}

¹ ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
пр-т Острякова, 2, Владивосток, 690002, Российская Федерация

² ООО «Приморский центр микрохирургии глаза»
ул. Борисенко, 100е, Владивосток, 690088, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2026;23(1):140–149

Знание структуры и сосудистых особенностей макулярной области у пациентов с миопией высокой степени, полученных при помощи технологии ОКТ и ОКТ-А, может помочь в анализе изменений и позволит исключить ложную постановку диагноза глаукомы у данных пациентов. **Пациенты и методы.** В первую группу вошли пациенты, имеющие эквивалент рефракционной ошибки $\geq -6,00$ дптр и длину глаза $\geq 26,00$ мм (74 глаза). Вторую группу составили пациенты с рефракцией $-0,5$ дптр — $+1,25$ дптр и длиной глаза 22,50–24,20 мм (32 глаза). Измерение аксиальной длины проводилось с помощью IOLMaster 700 (Zeiss, Германия). Оптическая когерентная томография (ОКТ) макулярной области выполнялась на SOLIX (Optovue, США) с применением программного модуля AngioAnalytics. Для статистического анализа результатов применяли непараметрический критерий Манна — Уитни, коэффициент ранговой корреляции по Спирмену. **Результаты.** Анализ показал достоверное снижение толщины центральной зоны сетчатки (ТЦЗС), ганглиозного слоя сетчатки (ГСС) и показателей микроциркуляции в корготе пациентов с близорукостью высокой степени. **Заключение.** Ряд оцениваемых параметров, а именно толщина ГСС в носовой ячейке перифовеальной зоны, толщина ГСС верхней полусферы и SVD, наименее зависимы от величины ПЗО и могут указывать на наличие патологических нарушений, не связанных с аксиальным удлинением глазного яблока, и иметь ценность в дифференциальной диагностике с таким заболеванием, как глаукома.

Ключевые слова: миопия высокой степени, оптическая когерентная томография, макулярная область

Для цитирования: Макаревич Е.С., Федяшев Г.А., Ручкин М.П. Особенности оптической когерентной томографии макулярной области у пациентов с миопией высокой степени. *Офтальмология*. 2026;23(1):140–149. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-140-149>

Прозрачность финансовой деятельности: работа выполнена в рамках научной темы рег. № НИОКТР 123100300082-8.

Конфликт интересов отсутствует.



Features of Optical Coherence Tomography of the Macular Region in Patients with High Myopia

E.S. Makarevich^{1,2}, G.A. Fedyashev^{1,2}, M.P. Ruchkin^{1,2}

¹ Pacific State Medical University
Ostryakova ave., 2, Vladivostok, 690002, Russian Federation

² Primorskii center of eye microsurgery
Borisenko str., 100e, Vladivostok, 690088, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2026;23(1):140-149

Purpose: to evaluate the differences in the structural parameters of the optic nerve head (ONH) and peripapillary region in patients with high myopia in comparison with patients without refractive errors. **Patients and methods.** The first group included patients with an equivalent refractive error ≥ -6.00 diopters and an eye length ≥ 26.00 mm (74 eyes). The second group consisted of patients with a refraction of -0.5 diopters — $+1.25$ diopters and an eye length of $22.50-24.20$ mm (32 eyes). Axial length measurements were carried out using an IOLMaster 700 (Zeiss, Germany). Optical coherence tomography (OCT) of the ONH was performed with SOLIX (Optovue, USA) using the AngioAnalytics software. For statistical analysis of the results, the nonparametric Mann-Whitney's test and Spearman's rank correlation coefficient were used. **Results.** In the first group, the cup-to-disc vertical ratio (VCDR) values were lower (0.38 ($0.14-0.51$), $p < 0.05$), and there was a decrease in the average thickness of the retinal nerve fiber layer (RNFL) (86.00 ($80.00-94.00$), $p < 0.01$), as well as RNFL thickness measured in individual sectors ($p < 0.01$), compared with the second group. The thickness of the RNFL in the temporal quadrant, in the inferior sector of the temporal quadrant (TI), on the contrary, was greater (71.00 ($58.05-87.25$), $p < 0.01$). All radial peripapillary capillary vessel density (RPC VD) values were not significantly different between groups ($p > 0.05$). The highest RPC VD is in the upper sector of the temporal quadrant (TS) (56.65 ($51.72-59.47$)). The density of all vessels (VD) was significantly lower in patients with high myopia, except for the zones corresponding to the temporal quadrant and the inside disc zone (ID) ($p > 0.05$). **Conclusion.** Significant differences were revealed between the groups in VCDR, RNFL thickness and VD in all areas, except the temporal quadrant. A decrease in the thickness of the RNFL in the temporal quadrant, TI, as well as a decrease in the thickness of the RPC VD in the ID zone and the temporal quadrant, TS, can be the most indicative parameters for diagnosing optic nerve pathology in patients with high myopia, not associated with axial elongation of the eyeball.

Keywords: high myopia, glaucoma, optical coherence tomography, radial peripapillary capillaries

For citation: Makarevich E.S., Fedyashev G.A., Ruchkin M.P. Features of Optical Coherence Tomography of the Macular Region in Patients with High Myopia. *Ophthalmology in Russia*. 2026;23(1):140-149. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-140-149>

Financial Disclosure: the work was carried out within the framework of the scientific topic reg. № НИОКТР 123100300082-8.

There is no conflict of interests.

ВВЕДЕНИЕ

Тесная взаимосвязь между близорукостью и глаукомной нейрооптикопатией представляется актуальной областью исследований. Миопия является известным фактором риска развития глаукомы. В исследованиях сообщается о повышенном риске глазной гипертензии, глаукомы нормального давления, первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ), а также глаукомоподобной нейрооптикопатии у пациентов с близорукостью [1-3]. Кроме того, известно, что при увеличении степени миопии на 1,00 дптр риск развития глаукомы увеличивается примерно на 20 % [4]. Признаки глаукомных изменений диска зрительного нерва (ДЗН) и изменения зрительного нерва из-за осевого удлинения глазного яблока могут маскировать друг друга, затрудняя диагностику и приводя к ложноположительной диагностике глаукомы. Таким образом, постоянный рост распространенности ПОУГ на фоне увеличения заболеваемости миопией подчеркивает необходимость комплексных стратегий оценки.

Можно было бы предположить, что в глазах, в которых головка зрительного нерва деформирована из-за

миопии, макулярная область искажена в меньшей степени, что на практике не всегда имеет место [5]. Эта гипотеза, а также мнение некоторых исследователей о возможности раннего вовлечения макулы в глаукомный процесс до стадии периметрических изменений привлекает все больше внимания к оценке состояния макулярной области в вопросах диагностики глаукомы [6]. Изучение макулярных изменений у пациентов с близорукостью продвинулось вперед благодаря таким технологиям, как оптическая когерентная томография (ОКТ), которая обеспечивает качественную и количественную оценку необходимых параметров. Тогда как ОКТ широко используется для клинического исследования морфологии макулярной сетчатки, оптическая когерентная томография-ангиография (ОКТ-А) позволяет изучить микрососудистые изменения при миопии, глаукоме и при иной глазной патологии [7, 8].

Выявление параметров ОКТ и ОКТ-А макулярной области, которые в наименьшей степени зависят от ПЗО, позволит в дальнейшем разработать новые диагностические подходы для выявления глаукомного процесса у пациентов с миопией высокой степени.

E.S. Makarevich, G.A. Fedyashev, M.P. Ruchkin

Contact information: Makarevich Ekaterina S. dr.makarevich@mail.ru

Features of Optical Coherence Tomography of the Macular Region in Patients with High Myopia

Цель: проанализировать различия структурных показателей макулярной области у пациентов с осевой миопией высокой степени в сравнении с пациентами без аномалий рефракции.

Реализация заявленной цели предполагает решение следующих задач: проанализировать толщину центральной зоны сетчатки (ТЦЗС) и толщину комплекса ганглионарных клеток сетчатки (GCC) макулярной области; определить плотность сосудов (VD) поверхностного (SCP) и глубокого (DCP) сосудистых комплексов макулярной области у пациентов с миопией высокой степени при помощи методов ОКТ и ОКТ-А, сравнить их с аналогичными показателями у здоровых лиц, сопоставимых по полу и возрасту.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Авторами проведен анализ и оценка количественных параметров макулярной области и ее кровоснабжения, полученных при помощи методов ОКТ и ОКТ-А. Пациенты были разделены на две группы, сопоставимые по полу и возрасту. В первую группу вошли пациенты, имеющие эквивалент рефракционной ошибки и осевую длину глазного яблока, характерные для миопии высокой степени ($\geq -6,00$ дптр и $\geq 26,00$ мм соответственно), — 45 пациентов (74 глаза). Вторую группу (группу контроля) составили практически здоровые пациенты с рефракцией, приближенной к эметропии

(в диапазоне от $-0,5$ до $+1,25$ дптр), и длиной переднезадней оси глаза в диапазоне от 22,50 до 24,20 мм — 17 пациентов (32 глаза).

Критериями невключения являлись: возраст младше 18 и старше 74 лет; сопутствующая глаукома и иные приобретенные заболевания зрительного нерва; недостаточно прозрачные оптические среды глаза; отсутствие устойчивой фиксации; ранее перенесенные витреоретинальные хирургические вмешательства; наличие изменений макулярной области по типу макулярного отека.

Измерение ПЗО проводилось с помощью биометра IOLMaster 700 (Zeiss, Германия), исследование рефракции — при помощи авторефрактометра TONOREF (Nidek, Япония). ОКТ и ОКТ-А были выполнены с использованием прибора SOLIX (Optovue, США) с программным модулем AngioAnalytics. Для исследования макулярной области в работе были использованы протоколы Retina Cube (6,4×6,4 мм) и AngioVue Retina (6,4×6,4 мм). Зонирование макулярной области для дальнейшего анализа производилось автоматически в соответствии с сеткой ETDRS (рис. 1).

По протоколу Retina Cube (6,4×6,4 мм) изучали параметры макулярной сетчатки, такие как толщина сетчатки (ТЦЗС) и толщина комплекса ганглионарных клеток сетчатки (Ganglion Cell Complex, GCC). ТЦЗС измеряли от внутренней пограничной мембраны (Internal limiting membrane, ILM) до пигментного эпителия сетчатки

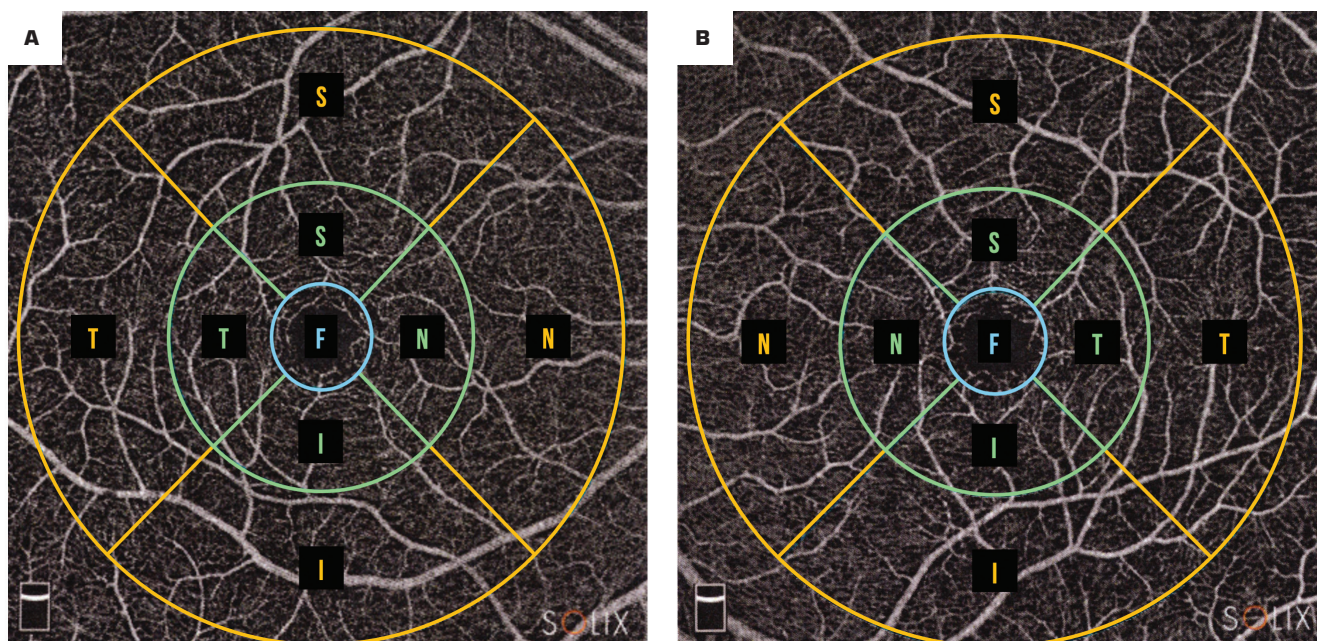


Рис. 1. ОКТ-А (SOLIX, Optovue, CLIA) макулярной области с площадью сканирования 6,4×6,4 мм, зонирование в соответствии с сеткой ETDRS: А — правый глаз; В — левый глаз. Внутренний круг (голубой) соответствует фовеа (F) и имеет диаметр 1,00 мм, средний (зеленый) соответствует парафовеолярной области — 1,00–3,00 мм, внешний круг (желтый) соответствует перифовеолярной области — 3,00–6,00 мм. Зоны парафовеа и перифовеа дополнительно подразделены на 4 ячейки: S — верхняя; Т — височная; N — носовая; I — нижняя

Fig 1. OCT-A (SOLIX, Optovue, USA) of the macular region, scanning area 6.4×6.4 mm. Zoning in accordance with the ETDRS grid: A — right eye; B — left eye. The inner circle (blue) corresponds to the fovea (F) and has a diameter of 1.00 mm, the middle circle (green) corresponds to the parafoveal region — 1.00–3.00 mm, the outer circle (yellow) corresponds to the perifoveal region — 3.00–6.00 mm. The parafovea and perifovea zones are divided into 4 quadrants: S — superior; T — temporal; N — nasal; I — inferior

(Retinal pigment epithelium, RPE) по указанным зонам. Для сравнительного анализа использовали также значения средней толщины сетчатки по ячейкам сетки ETDRS (ETDRS grid, мкм). Толщину GCC измеряли от ILM до внутреннего плексиформного слоя (Inner plexiform layer, IPL) (рис. 2) по указанным зонам, по верхней и нижней полусфере, а также среднюю толщину (Average GCC, мкм) по всей исследуемой области. Кроме того, оценивали показатели уровня фокальных и глобальных потерь GCC. Показатель уровня фокальных потерь (Focal Loss Volume, FLV, %) количественно отражает общее число достоверных потерь (отклонений от нормативных значений) GCC к общей площади измерения. Показатель уровня глобальных потерь (Global Loss Volume, GLV, %) — усредненный показатель потерь GCC по всей исследуемой области.

При выполнении сканирования AngioVue Retina (6,4×6,4 мм) помимо вышеперечисленных параметров мы также смогли оценить измерения фовеальной аваскулярной зоны (Foveal avascular zone, FAZ) и относительной плотности сосудистого русла сетчатки (Vessel Density, VD, %). Данные измерения FAZ генерировались на основе среза сетчатки, проходящего от ILM до линии выше наружного плексиформного слоя (Outer plexiform layer, OPL) на 10 мкм. Исследовали показатели плотности фовеальных сосудов (Foveal vessel density, FD, %), периметр аваскулярной зоны (FAZ Perimeter, mm) и площадь аваскулярной зоны (FAZ Area, mm²), FD — суммарную относительную плотность капилляров в зоне в форме кольца шириной 300 мкм вокруг FAZ.

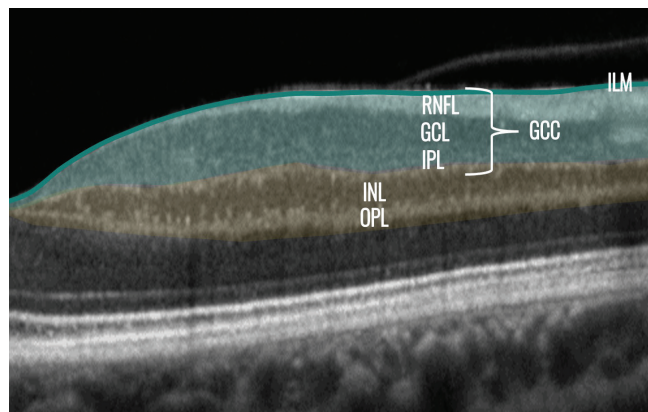


Рис. 2. Визуализация слоев и сосудистых сплетений макулярной сетчатки (SOLIX, Optovue, США). ILM (зеленая линия) — внутренняя пограничная мембрана; GCC — слой ганглиозных клеток, который включает в себя три слоя: слой нервных волокон сетчатки (RNFL), состоящий из аксонов ганглиозных клеток; слой ганглиозных клеток (GCL), состоящий из тел ганглиозных клеток; внутренний плексиформный слой (IPL), состоящий из дендритов ганглиозных клеток. INL — внутренний ядерный слой, OPL — наружный плексиформный слой. Поверхностное сосудистое сплетение (зеленый). Глубокое сосудистое сплетение (оранжевый)

Fig. 2. Visualization of layers and choroid plexuses of macula (SOLIX, Optovue, USA). ILM (green line) — internal limiting membrane. The GCC is a ganglion cell layer that includes three layers: the retinal nerve fiber layer (RNFL), consisting of ganglion cell axons; ganglion cell layer (GCL), consisting of ganglion cell bodies; and the inner plexiform layer (IPL), composed of ganglion cell dendrites. INL — inner nuclear layer. OPL — outer plexiform layer. Superficial vessel plexus (green). Deep vessel plexus (orange)

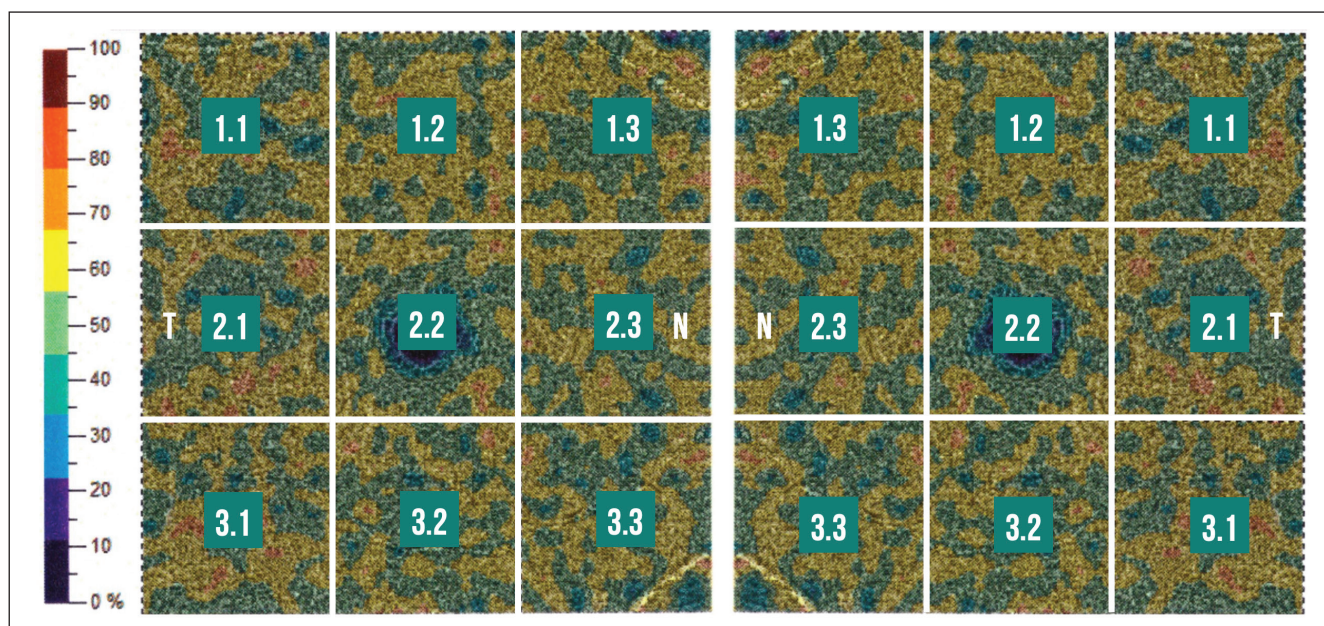


Рис. 3. ОКТ-А (SOLIX, Optovue, США) макулярной сетчатки. Карта плотности сосудов, состоящая из девяти квадрантов (Grid-based vessel density, GBAVD), с цветовой кодировкой в соответствии с относительной плотностью капилляров: А — правый глаз; В — левый глаз; Т — височный; N — носовой. Первый знак перед точкой указывает на номер строки, второй после точки — номер столбца

Fig. 3. OCT-A (SOLIX, Optovue, USA) of the macula. Nine-quadrant vascular density map (Grid-based vessel density, GBAVD), color-coded according to relative capillary density: A — right eye; B — left eye; T — temporal; N — nasal. The first sign, before the dot, indicates the row number, and the second, after the dot — the column number

VD — отношение площади, занимаемой сосудами в исследуемой зоне, к общей площади этой зоны. Была измерена средняя VD по всей зоне сканирования (Whole Image VD, wiVD, %), отдельно по верхней и нижней полусфере, квадрантам (рис. 3), указанным зонам, и средняя VD по ячейкам сетки ETDRS (ETDRS grid VD, %). Для анализа выделяли по отдельности, соответственно, поверхностный (Superficial capillary plexus, SCP) и глубокий (Deep capillary plexus, DCP) сосудистые комплексы. Верхняя граница поверхностного сосудистого комплекса проходит от линии ILM, нижняя — выше IPL на 10 мкм. Верхняя граница глубокого сосудистого комплекса — на 10 мкм выше IPL, нижняя — на 10 мкм ниже OPL.

Отбирались только сканы с индексом уровня сигнала (Signal strength index, SSI) выше 45 и качеством (Scan quality, SQ) 6 и выше. Для корректной работы ангио-режима, повышения точности сканирования и устранения кинетических артефактов в томографе применяется алгоритм «Dual Trac: двухуровневая коррекция микродвижений». Ошибки автоматической сегментации при их наличии исправляли в ручном режиме. Статистическая обработка полученных результатов была проведена на персональном компьютере в операционной системе macOS Sonoma v.14.5 с использованием пакета прикладных программ IBM SPSS Statistics v.26. Статистический анализ полученных результатов исследования строился с учетом вида распределения, использовался непараметрический критерий Манна — Уитни, коэффициент ранговой корреляции по Спирмену (r). Результаты исследования представлены в виде Me ($Q_{25}-Q_{75}$), где Me — медиана, интерквартильный размах ($Q_{25}-Q_{75}$) — значения 25-го и 75-го перцентилей.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В таблице 1 представлены исходные характеристики для каждой группы.

При анализе ТЦЗС выявлена разница толщины между группами в области параfoвеа и перифовеа, характеризующая истончением сетчатки у пациентов первой группы (табл. 2). При этом ТЦЗС, измеренная непосредственно в фовета, статистически значимо не отличалась у пациентов с миопией в сравнении со здоровыми пациентами. В обеих группах наименьшая толщина выявлена в височном квадранте, наибольшая в группе близоруких

Таблица 1. Общие характеристики исследуемых групп

Table 1. General characteristics of the study groups

Исследуемые параметры Parameters	Группа 1 Group 1			Группа 2 Group 2			p
	Me	Q ₂₅	Q ₇₅	Me	Q ₂₅	Q ₇₅	
Длина ПЗО, мм Length of the APA, mm	26,84*	26,19	28,47	23,39*	23,14	23,93	0,0001
SE, дптр SE, D	-7,25*	-11,12	-5,25	0,00*	0,00	0,75	0,0001
Возраст, годы Age, years	45,50	32,50	53,25	38,00	30,25	44,50	0,056

Примечание. * достоверность различий: $p < 0,05$.
Note. * significance of differences: $p < 0,05$.

пациентов — в носовом квадранте, в группе здоровых пациентов — в верхней ячейке параfoвеальной зоны и носовой ячейке перифовеальной зоны. Выявлена отрицательная корреляция высокой силы между показателями длины ПЗО и ETDRS grid ($r = -0,758$; $p < 0,01$) и ТЦЗС в перифовеа ($r = -0,744$; $p < 0,01$), отрицательная корреляция средней силы с ТЦЗС в параfoвеа ($r = -0,689$; $p < 0,01$). Напротив, положительная связь определяется между этими же параметрами и SE: высокой силы с ETDRS grid ($r = 0,707$; $p < 0,01$); средней силы с ТЦЗС в перифовеа ($r = 0,692$; $p < 0,01$) и параfoвеа ($r = 0,622$; $p < 0,01$).

Обращает внимание, что толщина GCC в зоне фовета была меньше в группе здоровых пациентов (табл. 3). Определяется достоверное снижение толщины GCC среди близоруких пациентов по всей карте, кроме носового квадранта, в котором значимого различия между группами выявлено не было.

Таблица 2. Результаты анализа ТЦЗС — протокол Retina Cube

Table 2. Results of thickness analysis of central retinal zone — Retina Cube

Исследуемые параметры Parameters	Группа 1 Group 1			Группа 2 Group 2			p
	Me	Q ₂₅	Q ₇₅	Me	Q ₂₅	Q ₇₅	
ETDRS grid, μm	275,00	264,00	284,00	298,00	291,75	309,75	0,0001
Fovea, μm	270,00	254,50	282,00	270,00	246,00	283,00	0,987
ParaFovea, μm	312,00*	298,50	324,50	336,50*	330,00	345,50	0,0001
ParaFovea Temporal, μm	305,00*	289,00	316,00	326,00*	321,00	335,00	0,0001
ParaFovea Nasal, μm	319,00*	302,50	331,50	340,50*	334,75	350,25	0,0001
ParaFovea Superior, μm	315,00*	300,00	328,00	342,00*	334,00	349,00	0,0001
PeriFovea, μm	263,00*	252,00	273,50	287,50*	284,25	300,25	0,0001
PeriFovea Temporal, μm	247,00*	232,00	259,00	278,00*	271,00	285,50	0,0001
PeriFovea Nasal, μm	285,00*	272,00	295,00	306,00*	301,00	320,75	0,0001

Примечание. * достоверность различий: $p < 0,05$.
Note. * significance of differences: $p < 0,05$.

Таблица 3. Результаты анализа карты толщины GCC — протокол Retina Cube

Table 3. Results of analysis of GCC thickness map — Retina Cube

Исследуемые параметры Parameters	Группа 1 Group 1			Группа 2 Group 2			p
	Me	Q ₂₅	Q ₇₅	Me	Q ₂₅	Q ₇₅	
Average GCC, μm	99,00*	93,00	99,00	106,00*	103,25	109,75	0,0001
Superior GCC, μm	99,00*	92,00	106,00	105,00*	102,00	108,75	0,0001
Inferior GCC, μm	101,00*	91,50	107,00	108,00*	105,00	111,00	0,0001
Intra Eye (S-I), μm	-3,00	-6,00	1,00	-3,00	-5,75	-0,25	0,693
FLV 6°6, %	2,22*	1,04	5,27	0,10*	0,10	0,40	0,0001
GLV 6°6, %	6,13*	2,62	11,18	0,96*	0,45	2,54	0,0001
GCC Fovea, μm	70,00*	63,00	78,00	57,50*	53,00	65,00	0,0001
GCC ParaFovea Inferior, μm	112,00*	107,50	118,00	123,50*	117,00	126,00	0,0001
GCC ParaFovea Temporal, μm	102,00*	95,50	109,00	108,50*	105,25	112,75	0,0001
GCC ParaFovea Nasal, μm	114,00	107,50	121,50	119,00	113,25	121,00	0,184
GCC PeriFovea Temporal, μm	80,00*	74,50	83,00	89,00*	87,00	92,00	0,0001
GCC PeriFovea Nasal, μm	118,00	109,00	127,50	119,00	116,00	126,00	0,342

Примечание. * достоверность различий: $p < 0,05$.
Note. * significance of differences: $p < 0,05$.

Сравнительный корреляционный анализ ПЗО и SE с толщиной GCC показал слабую связь ($r < 0,5$; $p < 0,01$), но была обнаружена средняя положительная связь между Average GCC и ETDRS grid ($r = 0,629$; $p < 0,01$). ТЦЗС в зоне фовеа также имеет положительную среднюю корреляционную связь с толщиной GCC в фовеа ($r = 0,579$; $p < 0,01$). В группе с миопией наибольшая толщина отмечалась в носовом квадранте, в группе здоровых пациентов — в нижней ячейке парафовеальной зоны и носовой ячейке перифовеальной зоны. Наименьшая толщина GCC в обеих исследуемых группах соответствовала височному квадранту. Достоверное снижение в группе с миопией высокой степени было выявлено и при сравнении по верхней и нижней полусферам. Асимметрия толщины между верхней и нижней полусферами прослеживается в обеих исследуемых когортах. Значения FLV и GLV были достоверно выше у пациентов с близорукостью в сравнении с контрольной группой. Выявлена положительная корреляция средней силы между ПЗО и FLV ($r = 0,643$; $p < 0,01$), GLV ($r = 0,538$; $p < 0,01$), а также отрицательная корреляция высокой силы между SE и FLV ($r = -0,721$; $p < 0,01$), средней силы — с GLV ($r = -0,602$; $p < 0,01$).

После одномоментного последовательного сканирования с применением протокола AngioVue Retina была определена разница числовых значений одних и тех же исследуемых параметров. В результате зафиксирована статистически значимая разница толщины GCC в носовой ячейке парафовеальной зоны между группами (табл. 4).

Значения ТЦЗС парафовеальной и перифовеальной зон обладали высокой положительной корреляцией ($r = 0,897$; $p < 0,01$), в том числе при анализе по отдельным ячейкам: $r = 0,772$ ($p < 0,01$) — в нижнем квадранте; $r = 0,863$ ($p < 0,01$) — в верхнем квадранте; $r = 0,770$ ($p < 0,01$) — в носовом квадранте; $r = 0,895$ ($p < 0,01$) — в височном квадранте. Значения толщины GCC парафовеальной и перифовеальной зон при анализе по отдельным ячейкам обладали высокой положительной связью в верхнем ($r = 0,729$; $p < 0,01$) и височном ($r = 0,727$; $p < 0,01$) квадрантах; слабой положительной связью — в нижнем ($r = 0,575$; $p < 0,01$) и носовом ($r = 0,571$; $p < 0,01$) квадрантах.

Сравнительный корреляционный анализ ПЗО и SE с толщиной GCC показал слабую связь данных параметров ($r < 0,5$; $p < 0,01$). Подтверждена средняя положительная связь между ТЦЗС и толщиной GCC в зоне фовеа ($r = 0,642$; $p < 0,01$), а также между ETDRS grid и Average GCC ($r = 0,616$; $p < 0,01$).

Дополнительно была определена высокая положительная связь между GCC, измеренной в нижней полусфере, и ТЦЗС, измеренной в перифовеальной зоне нижней полусферы ($r = 0,721$; $p < 0,01$), а также средняя положительная связь — с ТЦЗС, измеренной в парафовеальной зоне нижней гемисферы ($r = 0,603$; $p < 0,01$).

Таблица 4. Результаты анализа ТЦЗС и карты толщины GCC — протокол AngioVue Retina

Table 4. Results of thickness analysis of central retinal zone and GCC thickness map — AngioVue Retina

Исследуемые параметры Parameters	Группа 1 Group 1			Группа 2 Group 2			p
	Me	Q ₂₅	Q ₇₅	Me	Q ₂₅	Q ₇₅	
Анализ ТЦЗС / Central retinal thickness analysis							
ETDRS grid, μm	275,00*	262,75	284,25	298,50*	292,00	309,75	0,0001
Fovea, μm	271,00	256,00	284,50	274,00	244,50	285,00	0,840
ParaFovea, μm	311,00*	298,50	325,00	336,00*	329,75	344,00	0,0001
ParaFovea Superior-Hemi, μm	313,00*	299,00	327,00	337,00*	333,00	345,00	0,0001
ParaFovea Inferior-Hemi, μm	311,00*	296,00	324,00	337,00*	326,25	342,75	0,0001
PeriFovea, μm	263,00*	251,00	271,50	287,00*	284,00	300,00	0,0001
PeriFovea Superior-Hemi, μm	266,00*	254,00	275,00	291,00*	288,00	303,75	0,0001
PeriFovea Inferior-Hemi, μm	260,00*	248,00	269,00	286,50*	278,25	297,75	0,0001
Анализ карты толщины GCC / Analysis of GCC							
Average GCC, μm	100,00*	93,50	105,50	106,50*	104,00	110,00	0,0001
Superior GCC, μm	99,00*	92,00	106,00	105,00*	102,00	108,75	0,0001
Inferior GCC, μm	102,00*	94,00	107,50	108,00*	105,00	112,00	0,0001
Intra Eye (S-I), μm	-3,00	-6,00	1,50	-3,00	-6,75	-1,00	0,851
GCC Fovea, μm	69,00*	61,50	76,00	58,50*	53,00	65,50	0,0001
GCC ParaFovea Nasal, μm	113,00*	107,00	120,00	119,50*	114,00	121,00	0,0025
FLV 6*6, %	2,11*	0,81	3,92	1,16*	0,00	0,44	0,0001
GLV 6*6, %	5,83*	2,61	10,39	1,07*	0,43	2,99	0,0001

Примечание. * достоверность различий: $p < 0,05$.
Note. * significance of differences: $p < 0,05$.

При корреляционном анализе результатов измерений в области верхней полусферы обнаружена средняя положительная связь между GCC и ТЦЗС парафовеальной ($r = 0,525$; $p < 0,01$) и перифовеальной ($r = 0,614$; $p < 0,01$) зон.

Между значениями ТЦЗС и толщины GCC парафовеальной зоны, полученными при анализе по отдельным ячейкам, была установлена высокая отрицательная связь в нижнем ($r = 0,826$; $p < 0,01$), верхнем ($r = 0,723$; $p < 0,01$) и височном ($r = 0,775$; $p < 0,01$) квадрантах и средняя положительная связь ($r = 0,681$; $p < 0,01$) в носовом квадранте. Между значениями ТЦЗС и толщины GCC перифовеальной зоны, полученными при анализе по отдельным ячейкам, была установлена высокая отрицательная связь в нижнем ($r = 0,713$; $p < 0,01$) и височном ($r = 0,730$; $p < 0,01$) квадрантах и средняя положительная связь — в носовом ($r = 0,530$; $p < 0,01$) и верхнем ($r = 0,664$; $p < 0,01$) квадрантах.

Подтверждена положительная корреляция средней силы между ПЗО и FLV ($r = 0,616$; $p < 0,01$), а также определена отрицательная корреляция средней силы между SE и FLV ($r = -0,671$; $p < 0,01$) и GLV ($r = -0,546$; $p < 0,01$), в отличие от результатов анализа измерений с использованием протокола Retina Cube.

Анализ результатов ОКТ-А не показал статистически значимого различия значений FD, FAZ Perimeter и FAZ Area между группами (табл. 5). Связи с ПЗО, SE и возрастом пациентов выявлено не было.

Таблица 5. Результаты анализа показателей плотности фовеальной зоны (FD), площади и периметра фовеальной аваскулярной зоны (FAZ) — протокол AngioVue Retina

Table 5. Results of analysis of foveal vessel density (FD), area and perimeter of the foveal avascular zone (FAZ) — AngioVue Retina

Исследуемые параметры Parameters	Группа 1 Group 1			Группа 2 Group 2			p
	Me	Q ₂₅	Q ₇₅	Me	Q ₂₅	Q ₇₅	
FD, %	51,80	49,09	55,00	52,00	49,55	53,45	0,881
FAZ Area, %	0,18	0,134	0,25	0,22	0,14	0,28	0,110
FAZ Perimeter, %	1,69	1,47	1,93	1,85	1,51	2,08	0,126

Примечание. Достоверных различий ($p < 0,05$) не выявлено.
Note. No significant differences ($p < 0.05$) were found.

Таблица 6. Результаты анализа сосудов поверхностного и глубокого капиллярного сплетения МО — протокол AngioVue Retina

Table 6. Results of analysis of vessels of the superficial and deep capillary plexus of the macula region — AngioVue Retina

Исследуемые параметры Parameters	Группа 1 Group 1			Группа 2 Group 2			p
	Me	Q ₂₅	Q ₇₅	Me	Q ₂₅	Q ₇₅	
Superficial vessels density (SVD)							
Whole Image, %	48,20*	46,30	49,10	49,50*	48,80	50,07	0,0001
Superior-Hemi, %	48,30*	46,20	49,45	49,35*	48,92	50,35	0,0001
Inferior-Hemi, %	48,10*	46,00	49,25	49,60*	48,07	50,17	0,001
Fovea, %	33,00*	29,45	36,35	31,10*	26,85	33,12	0,024
ParaFovea, %	49,30*	47,00	50,65	50,65*	49,35	51,47	0,002
ParaFovea Superior-Hemi, %	49,70*	47,00	50,95	50,50*	49,55	51,10	0,027
ParaFovea Inferior-Hemi, %	49,00*	46,60	50,50	50,55*	48,92	51,47	0,001
ParaFovea Superior, %	50,60	47,55	51,65	51,05	50,02	52,00	0,095
PeriFovea, %	48,00*	48,85	49,20	49,30*	48,42	50,35	0,002
PeriFovea Superior-Hemi, %	48,10*	46,85	49,35	49,25*	48,55	50,57	0,001
PeriFovea Inferior-Hemi, %	48,50*	46,35	49,70	49,25*	48,07	50,62	0,008
PeriFovea Nasal, %	51,60	50,15	53,15	51,70	51,22	53,10	0,526
PeriFovea Temporal, %	44,90*	42,70	46,20	46,85*	45,57	47,77	0,000
GBAVD — 1.1, %	45,40*	42,65	46,95	46,85*	45,37	48,20	0,004
GBAVD — 1.3, %	51,30*	49,25	53,25	52,75*	51,72	54,05	0,002
GBAVD — 2.2, %	47,00	44,75	48,45	47,85	45,85	48,52	0,210
GBAVD — 2.3, %	51,40	48,55	52,80	51,90	50,60	52,70	0,173
GBAVD — 3.1, %	45,30*	42,80	46,50	46,90*	45,52	48,15	0,0001
Deep vessels density (DVD)							
Whole Image, %	51,70*	49,90	53,55	54,10*	52,72	54,67	0,0001
Superior-Hemi, %	51,90*	49,95	53,55	54,05*	53,27	54,67	0,0001
Inferior-Hemi, %	52,10*	49,50	53,75	53,90*	52,62	54,67	0,0001
Fovea, %	31,60	28,25	35,40	30,65	27,17	34,50	0,446
ParaFovea, %	53,50*	52,60	54,90	55,10*	54,22	55,77	0,0001
ParaFovea Superior-Hemi, %	54,00*	52,60	54,90	54,85*	54,22	55,87	0,0001
ParaFovea Inferior-Hemi, %	53,50*	51,95	54,75	55,45*	54,30	55,80	0,0001
ParaFovea Superior, %	53,70*	51,80	55,15	55,40*	54,15	56,37	0,0001
PeriFovea, %	52,60*	50,55	53,90	54,80*	53,52	55,17	0,0001
PeriFovea Superior-Hemi, %	52,90*	51,20	53,90	54,90*	53,95	55,27	0,0001
PeriFovea Inferior-Hemi, %	52,70*	49,85	54,30	54,40*	52,55	55,77	0,0001
PeriFovea Nasal, %	52,20*	50,15	54,20	54,30*	53,00	55,50	0,001
GBAVD — 1.2, %	53,40*	51,50	54,80	54,75*	53,57	55,60	0,000
GBAVD — 2.1, %	53,00*	51,65	54,60	55,10*	53,57	56,04	0,0001
GBAVD — 2.2, %	50,40	49,30	51,35	50,90	50,10	51,37	0,145

Примечание. * достоверность различий: $p < 0,05$.
Note. * significance of differences: $p < 0.05$.

Показана достоверная разница при анализе SVD, характеризующая снижением плотности сосудов при миопии высокой степени. Разница определялась во всех исследуемых областях, за исключением верхней ячейки парафовеальной и носовой ячейки перифовеальной зоны, для которых статистически значимой разницы получено не было. Наибольший показатель плотности сосудов SCP в обеих исследуемых группах определялся в верхней ячейке парафовеальной и нижней ячейке перифовеальной зоны, наименьший — в височной перифовеальной ячейке. Числовые значения в остальных ячейках парафовеальной зоны были сопоставимы между собой. Плотность сосудов SCP в фовеа между когортами не различалась, тем не менее числовые значения у пациентов с миопией были незначительно выше в сравнении со здоровыми пациентами.

По результатам сравнительного корреляционного анализа выявлена слабая положительная связь wiVD SCP с Average GCC ($r = 0,441$; $p < 0,01$), средняя положительная связь с ETDRS grid ($r = 0,510$; $p < 0,01$), слабая отрицательная связь с ПЗО ($r = -0,481$; $p < 0,01$), слабая положительная связь с SE ($r = 0,409$; $p < 0,01$). Установлена средняя отрицательная корреляция SVD в фовеа с FAZ Perimeter ($r = -0,664$; $p < 0,01$) и FAZ Area ($r = -0,648$; $p < 0,01$) и средняя положительная связь с толщиной GCC в фовеа ($r = 0,519$; $p < 0,01$). Значения SVD парафовеальной и перифовеальной зон обладают высокой положительной корреляцией ($r = 0,736$; $p < 0,01$), в том числе в височном квадранте ($r = 0,706$; $p < 0,01$), и положительной связью средней силы в нижнем квадранте ($r = 0,557$; $p < 0,01$) при анализе по отдельным ячейкам. Значения DVD также показали снижение плотности сосудов DCP на фоне миопии высокой степени во всех исследуемых областях, за исключением зоны фовеа. При этом числовые значения DVD в фовеа у пациентов с миопией также были незначительно выше в сравнении со здоровыми пациентами. SVD была ниже, чем DVD, в обеих группах (табл. 6).

По результатам сравнительного корреляционного анализа выявлена слабая положительная связь wiVD DCP с Average GCC ($r = 0,319$; $p < 0,01$), средняя положительная связь с ETDRS grid ($r = 0,577$; $p < 0,01$), средняя отрицательная связь с ПЗО ($r = -0,541$; $p < 0,01$), средняя положительная связь с SE ($r = 0,616$; $p < 0,01$), средняя отрицательная связь с FLV ($r = -0,533$; $p < 0,01$). Установлена высокая отрицательная корреляция DVD в фовеа с FAZ Perimeter ($r = -0,736$; $p < 0,01$) и FAZ Area ($r = -0,754$; $p < 0,01$). DVD парафовеальной зоны обладает средней положительной связью с ТЦЗС парафовеальной ($r = 0,524$; $p < 0,01$) и перифовеальной ($r = 0,532$; $p < 0,01$) зон, аналогично DVD перифовеальной зоны: $r = 0,542$ ($p < 0,01$) — с ТЦЗС парафовеальной зоны, и $r = 0,536$ ($p < 0,01$) — с ТЦЗС перифовеальной зоны. Определяется положительная корреляция высокой силы между wiVD SCP и wiVD DCP ($r = 0,701$; $p < 0,01$).

Анализ SVD и DVD по квадрантам показал достоверное различие между изучаемыми группами, кроме зон SCP с условными обозначениями 2.2 и 2.3, соответствующих зоне фовеа и носовому квадранту, и зоны DCP с условным обозначением 2.2, и показал снижение среди пациентов с миопией высокой степени. Наименьшая SVD в обеих когортах определялась в зонах 1.1 и 3.1, соответствующих верхне- и нижневисочной областям, наибольшая — в зоне 2.3 у пациентов с близорукостью и зоне 1.3, соответствующей верхненосовой области, у эметропов. Наименьшее значение DVD в обеих группах было в зоне 2.2, наибольшее — в зоне 1.2, соответствующей верхнему квадранту, у миопов и в зоне 2.1, соответствующей височному квадранту, у пациентов без осевого удлинения глаза.

ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ ТЦЗС между группами показал достоверное различие толщины в пара- и перифовеальной зонах, что сопоставимо с результатами предыдущих исследований, которые предполагают, что обнаруженное истончение у пациентов с миопией возникает из-за механического растяжения, вторичного по отношению к аксиальному удлинению глазного яблока. В исследованиях также сообщается, что по мере увеличения аксиальной длины и, соответственно, степени осевой близорукости отмечается более высокая фовеальная толщина сетчатки, чем у пациентов с меньшей степенью миопии [9]. По данным нашего исследования, напротив, толщина сетчатки в области фовеа в группе с высокой миопией статистически значимо не отличалась от группы здоровых пациентов. По данным литературы, к наиболее вероятным причинам увеличения ТЦЗС в области фовеа у пациентов с миопией можно отнести растяжение и уплощение ИЛМ, витрео-макулярный тракционный синдром, а также тракцию со стороны эпиретинальной мембраны [10].

Мы также проанализировали карту толщины GCC. Изменение толщины GCC имеет решающее значение в диагностике начальной стадии такого заболевания, как глаукома, ведь повреждение GCC приводит к необратимым изменениям зрительного нерва. Результаты исследования O. Dikmetas и соавт. показали, что на толщину макулярного GCC влияют биометрические параметры глаза, что следует принимать во внимание при интерпретации результатов измерений [11]. В большинстве опубликованных исследований показано статистически значимое уменьшение толщины GCC при миопии высокой степени, отрицательная корреляция между толщиной GCC и длиной глаза и положительная корреляция между толщиной GCC и сферозэквивалентом [12]. Большая осевая длина вызывает ложноположительное истончение GCC, что связано с увеличением расстояния между зрительным нервом и макулой при перерастяжении оболочек глазного яблока [5]. Несмотря на это, анализ толщины GCC имеет важное значение и для диагностики глаукомы при миопии [13].

По результатам нашего исследования, достоверное снижение толщины GCC среди пациентов с миопией высокой степени было выявлено по всей карте, за исключением носового квадранта, в котором значимого различия выявлено не было, и области фовеа, в которой определялось истончение в группе здоровых пациентов. В носовом квадранте толщина GCC увеличивается по мере удаления к диску зрительного нерва (ДЗН), где слой нервных волокон становится очень большим [14]. GCC также в носовом квадранте более чувствителен к дегенеративным процессам, что подтверждают предыдущие работы [15]. Асимметрия между верхней и нижней полусферами в обеих исследуемых когортах, показанная в нашем исследовании, объясняется особенностями хода нервных волокон в центральной зоне сетчатки. Поскольку фовеа смещена книзу относительно диска, пучки верхних и нижних нервных волокон не имеют симметричных траекторий. Верхние пучки проходят почти параллельно верхней границе скана, тогда как нижние пучки расходятся веером в нижневисочном направлении на нижней границе [16]. Показатель разницы толщины между полусферами двух групп статистически значимо не отличался. В макулярной области толщина GCC нижней полусферы больше коррелирует с показателями осевой аметропии, чем верхняя, что отражено и в прошлых исследованиях [14, 17]. По мнению некоторых авторов, асимметрия между толщиной GCC в верхней и нижней полусферах может считаться ранним признаком глаукомы у пациентов с миопией — разница в 5,00 мкм является подозрительной [18, 19].

В нашем исследовании выявлено статистически значимое различие, касающееся FLV и GLV, между исследуемыми группами, которое сопоставимо с ранее опубликованными работами. Нормальные значения FLV у здоровых пациентов без сопутствующей аномалии рефракции по данным разных отечественных авторов колеблются от 0,21 до 0,56 %, GLV — от 1,620 до 3,362 % [20–23]. У пациентов с близорукостью средние значения FLV и GLV также различаются по результатам зарубежных исследований, соответственно: $0,76 \pm 2,19$ (0,25) и $2,28 \pm 3,09$ (1,70) % — для миопии слабой степени, $1,35 \pm 0,17$ (0,30) и $3,56 \pm 5,11$ (1,86) % — для миопии средней степени и $4,41 \pm 5,45$ (1,86) и $8,83 \pm 7,84$ (6,61) % — для миопии высокой степени, по данным A.B.I. Sezgin и соавт.; 1,00 (1,09) и 4,99 (2,21) % для пациентов с ПЗО > 25 мм, по данным T. Rolle; $1,36 \pm 1,12$ и $5,16 \pm 4,12$ % для пациентов с миопией высокой степени, по данным H. Mu и соавт. [5, 24, 25].

Применение встроенного в оптический томограф алгоритма Dual Trac, обеспечивающего двухуровневую коррекцию микродвижений при помощи трекинга и пост-обработку изображений с использованием MCT (Motion Correction Technology) при выполнении ОКТ-А, может объяснить выявленное несоответствие числовых значений одних и тех же исследуемых параметров, полученных при использовании протоколов Retina Cube и AngioVue Retina.

В нашем исследовании достоверных различий между группами при анализе результатов измерения FD, FAZ Perimeter и FAZ Area не выявлено, что сопоставимо с результатами других авторов [12, 26, 27]. Корреляции с ПЗО, SE или возрастом пациентов также установлено не было. Однако существуют работы, сообщающие как об увеличении FAZ в глазах с высокой степенью миопии [28, 29], так и об уменьшении FAZ Area в сравнении со здоровыми пациентами [30].

В зарубежной литературе мало упоминаний о значениях макулярной VD у пациентов без сопутствующей патологии, измеренных с помощью ОКТ-А, а основные факторы, определяющие значения VD, не определены [31, 32]. Средние значения wiSVD и wiDVD в популяции со средним возрастом 48,2 года составили $51,0 \pm 3,1$ и $54,0 \pm 5,9$ % соответственно [32]. Аналогичным образом другое исследование показало, что средние значения wiSVD и wiDVD у участников старше 60 лет составляли $41,25 \pm 2,51$ и $36,01 \pm 5,07$ % [31]. В отечественной литературе такие работы также немногочисленны и в большинстве связаны с различной офтальмопатологией, например диабетической ретинопатией [33]. По данным Н. Fan и соавт., SVD и DVD связаны с ПЗО, а SVD также с толщиной GCC [34, 35]. Y. Meng и соавт. сообщали о снижении SVD на фоне увеличения степени миопии, при этом DVD являлся параметром, менее чувствительным к миопическим изменениям глазного яблока [10]. SCP в основном обеспечивает приток крови к RNFL, GCL и частично к IPL, причем его распределение неравномерно от края FAZ к парафовеальной зоне [26, 35].

В то же время в ряде других исследований говорится, что, наоборот, DVD тесно связана с тяжестью миопии, и снижение перифовеальной DVD может служить индикатором поражения микрососудистой сети при близорукости [30]. В исследовании Y. Shi и соавт. говорилось, что при миопии высокой степени VD продемонстрировала общее снижение, а также снижение в височном квадранте и нижней ячейке парафовеальной области, что отрицательно коррелировало с ПЗО. VD в носовой ячейке

перифовеальной зоны у миопов меньше, чем у эметропов, что свидетельствует о влиянии близорукости на перфузию в области папилломакулярного пучка [36].

Настоящее исследование также выявило корреляцию между SVD и толщиной GCC. DVD показало большую связь с ПЗО и SE, а также с такими параметрами, как ТЦЗС ETDRS grid и FLV, нежели SVD. У пациентов с миопией высокой степени DVD в области носовой ячейки перифовеальной зоны была снижена в сравнении со здоровыми субъектами, тогда как SVD не показала достоверной разницы между когортами. При анализе связи между ТЦЗС и VD в парафовеальной и перифовеальной зонах DVD также показало корреляцию, в отличие от SVD.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ количественных показателей макулярной области у пациентов с осевой миопией высокой степени в сравнении с пациентами с нормальной ПЗО показал достоверное снижение ТЦЗС, GCC и показателей микроциркуляции в когорте с близорукостью. Основываясь на результатах статистического анализа, мы считаем, что ряд оцениваемых параметров, а именно толщина GCC в носовой ячейке перифовеальной зоны, толщина GCC верхней полусферы и SVD, наименее зависимых от величины ПЗО, могут указывать на наличие патологических нарушений, не связанных с аксиальным удлинением глазного яблока.

Учитывая данные предыдущих исследований, можно высказать предположение о диагностической ценности заявленных параметров в дифференциальной диагностике изменений, связанных с миопией высокой степени, с таким заболеванием, как глаукома. Данная гипотеза требует дальнейшего углубленного изучения.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Макаревич Е.С. — существенный вклад в замысел и дизайн исследования, сбор данных, анализ и интерпретация данных, написание текста; Федяшев Г.А. — существенный вклад в замысел и дизайн исследования, окончательное одобрение варианта статьи для опубликования; Ручкин М.П. — существенный вклад в замысел и дизайн исследования, научное редактирование.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Hu G, Chen Q, Xu X, Lv H, Du Y, Wang L, Yin Y, Fan Y, Zou H, He J, Zhu J, Xu X. Morphological characteristics of the optic nerve head and choroidal thickness in high myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2020 Apr 9;61(4):46. doi: 10.1167/iiovs.61.4.46.
- Xie S, Kamoi K, Igarashi-Yokoi T, Uramoto K, Takahashi H, Nakao N, Ohno-Matsui K. Structural abnormalities in the papillary and peripapillary areas and corresponding visual field defects in eyes with pathologic myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2022 Apr 1;63(4):13. doi: 10.1167/iiovs.63.4.13.
- Kudsieh B, Fernández-Vigo JI, Flores-Moreno I, Ruiz-Medrano J, Garcia-Zamora M, Samaan M, Ruiz-Moreno JM. Update on the utility of optical coherence tomography in the analysis of the optic nerve head in highly myopic eyes with and without glaucoma. *J Clin Med.* 2023 Mar 29;12(7):2592. doi: 10.3390/jcm12072592.
- Ha A, Kim CY, Shim SR, Chang IB, Kim YK. Degree of myopia and glaucoma risk: a dose-response meta-analysis. *Am J Ophthalmol.* 2022 Apr;236:107–119. doi: 10.1016/j.ajo.2021.10.007.
- Rolle T, Bonetti B, Mazzucco A, Dallorto L. Diagnostic ability of OCT parameters and retinal ganglion cells count in identification of glaucoma in myopic preperimetric eyes. *BMC Ophthalmol.* 2020 Sep 22;20(1):373. doi: 10.1186/s12886-020-01616-5.
- Kamalipour A, Moghimi S. Macular optical coherence tomography imaging in glaucoma. *J Ophthalmic Vis Res.* 2021 Jul 29;16(3):478–489. doi: 10.18502/jovr.v16i3.9442.
- Wang X, Chen Y, Wang Z, Li H, He Q, Rong H, Wei R. Assessment of macular structures and vascular characteristics in highly myopic anisometropia using swept-source optical coherence tomography angiography. *Front Physiol.* 2022 Aug 15;13:918393. doi: 10.3389/fphys.2022.918393.
- Xu S, Gao F, Luan R, Liu Y; Beichen Eye Study Group; Li X, Liu J. Normative data and correlation parameters for vessel density measured by 6×6-mm optical coherence tomography angiography in a large chinese urban healthy elderly population: date from the Beichen eye study. *BMC Ophthalmol.* 2024 Jul 19;24(1):298. doi: 10.1186/s12886-024-03561-z.
- Zereid FM, Osuagwu UL. Myopia and Regional Variations in Retinal Thickness in Healthy Eyes. *J Ophthalmic Vis Res.* 2020 Apr 6;15(2):178–186. doi: 10.18502/jovr.v15i2.6735.
- Meng Y, Yi ZH, Xu YS, He L, Li L, Chen CZ. Changes in macular vascular density and retinal thickness in young myopic adults without pathological changes: an OCTA study. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2022 Aug;26(16):5736–5744. doi: 10.26355/eurev_202208_29510.
- Dikmetas O, Deliktas O, Toprak H, Karahan S, Kocabeyoglu S, Cankaya AB. Correlation of ocular biometric parameters and macular ganglion cell layer in normal eyes. *Semin Ophthalmol.* 2021 Nov 17;36(8):812–817. doi: 10.1080/08820538.2021.1922711.
- Živković MLJ, Lazić L, Zlatanović M, Zlatanović N, Brzaković M, Jovanović M, Barišić S, Darabus DM. The influence of myopia on the foveal avascular zone

- and density of blood vessels of the macula-an octa study. *Medicina (Kaunas)*. 2023 Feb 24;59(3):452. doi: 10.3390/medicina59030452.
13. Курьшева НИ, Паршунина ОА. Оптическая когерентная томография в диагностике глаукомной оптиконейропатии. Часть 1. Национальный журнал глаукома. 2016;15(1):86–96.
Kuryshcheva NI, Parshunina OA. Optical coherence tomography in the diagnosis of glaucomatous optic neuropathy. Part 1. *National Journal glaucoma*. 2016; 15(1):86–96 (In Russ.).
 14. Liu K, Tan O, You QS, Chen A, Chan JCH, Choy BNK, Shih KC, Wong JKW, Ng ALK, Cheung JJC, Ni MY, Lai JSM, Leung GM, Liu L, Huang D, Wong IYH. Regression-based strategies to reduce refractive error-associated glaucoma diagnostic bias when using OCT and OCT angiography. *Transl Vis Sci Technol*. 2022 Sep 1;11(9):8. doi: 10.1167/tvst.11.9.8.
 15. Walha Y, Rezik M, Moalla KS, Kammoun S, Ayadi O, Mhiri C, Dammak M, Trigui A. Evaluation of nerve fiber layer and ganglion cell complex changes in patients with migraine using optical coherence tomography. *eNeurologicalSci*. 2024 Sep 4;37:100525. doi: 10.1016/j.ensci.2024.100525.
 16. Tan O, Liu L, Liu L, Huang D. Nerve Fiber Flux Analysis Using Wide-Field Swept-Source Optical Coherence Tomography. *Transl Vis Sci Technol*. 2018 Feb 7;7(1):16. doi: 10.1167/tvst.7.1.16.
 17. Takeyama A, Kita Y, Kita R, Tomita G. Influence of axial length on ganglion cell complex (GCC) thickness and on GCC thickness to retinal thickness ratios in young adults. *Jpn J Ophthalmol*. 2014 Jan;58(1):86–93. doi: 10.1007/s10384-013-0292-2.
 18. Liu K, You QS, Chen A, Choi D, White E, Chan JCH, Choy BNK, Shih KC, Wong JKW, Ng ALK, Cheung JJC, Ni MY, Lai JSM, Leung GM, Wong IYH, Huang D, Tan O. Sector-Based Regression Strategies to Reduce Refractive Error-Associated Glaucoma Diagnostic Bias When Using OCT and OCT Angiography. *Transl Vis Sci Technol*. 2023 Sep 1;12(9):10. doi: 10.1167/tvst.12.9.10.
 19. Markeviciute A, Januleviciene I, Antman G, Siesky B, Harris A. Differences in structural parameters in patients with open-angle glaucoma, high myopia and both diseases concurrently. A pilot study. *PLoS One*. 2023 Jun 22;18(6):e0286019. doi: 10.1371/journal.pone.0286019.
 20. Шахалова АП, Шевченко МВ. Оптическая когерентная томография комплекса ганглиозных клеток сетчатки в диагностике первичной открытоугольной глаукомы. Точка зрения. Восток — Запад. 2015;1:112–114.
Shakhhalova AP, Shevchenko MV. Optical coherence tomography of the retinal ganglion cell complex in the diagnosis of primary open-angle glaucoma. *Point of view. East — West*. 2015;1:112–114 (In Russ.).
 21. Курьшева НИ, Маслова ЕВ, Трубилина АВ, Лагутин МБ. Роль оптической когерентной томографии с функцией ангиографии в ранней диагностике и мониторинге глаукомы. Национальный журнал глаукома. 2016;15(4):20–31.
Kuryshcheva NI, Maslova EV, Trubilina AV, Lagutin MB. The role of optical coherence tomography with angiography function in the early diagnosis and monitoring of glaucoma. *National Journal glaucoma*. 2016;15(4):20–31 (In Russ.).
 22. Качан ТВ. Роль оптической когерентной томографии-ангиографии в оценке комплекса ганглионарных клеток сетчатки у пациентов с развитой и далеко зашедшей стадиями первичной открытоугольной глаукомы. Офтальмология. Восточная Европа. 2018;8(4):503–511.
Kachan TV. The role of optical coherence tomography angiography in the assessment of the retinal ganglion cell complex in patients with advanced and advanced stages of primary open-angle glaucoma. *Ophthalmology. East Europe*. 2018;8(4):503–511 (In Russ.).
 23. Усман АБ, Марченко ЛН, Качан ТВ, Далидович АА. Ранняя диагностика первичной открытоугольной глаукомы по оценке комплекса ганглиозных клеток сетчатки. Офтальмология. Восточная Европа. 2018;8(1):41–47.
Usman AB, Marchenko LN, Kachan TV, Dalidovich AA. Early diagnosis of primary open-angle glaucoma by assessing the retinal ganglion cell complex. *Ophthalmology. East Europe*. 2018;(1):41–47 (In Russ.).
 24. Sezgin Akcay BI, Gunay BO, Kardes E, Unlu C, Ergin A. Evaluation of the Ganglion Cell Complex and Retinal Nerve Fiber Layer in Low, Moderate, and High Myopia: A Study by RTVue Spectral Domain Optical Coherence Tomography. *Semin Ophthalmol*. 2017;32(6):682–688. doi: 10.3109/08820538.2016.1170157.
 25. Mu H, Li RS, Yin Z, Feng ZL. Value of optical coherence tomography measurement of macular thickness and optic disc parameters for glaucoma screening in patients with high myopia. *World J Clin Cases*. 2023 May 16;11(14):3187–3194. doi: 10.12998/wjcc.v11.i14.3187.
 26. Li M, Yang Y, Jiang H, Gregori G, Roisman L, Zheng F, Ke B, Qu D, Wang J. Retinal microvascular network and microcirculation assessments in high myopia. *Am J Ophthalmol*. 2017 Feb;174:56–67. doi: 10.1016/j.ajo.2016.10.018.
 27. Milani P, Montesano G, Rossetti L, Bergamini F, Pece A. Vessel density, retinal thickness, and choriocapillaris vascular flow in myopic eyes on OCT angiography. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2018 Aug;256(8):1419–1427. doi: 10.1007/s00417-018-4012-y.
 28. Min CH, Al-Qattan HM, Lee JY, Kim JG, Yoon YH, Kim YJ. Macular Microvasculature in High Myopia without Pathologic Changes: An Optical Coherence Tomography Angiography Study. *Korean J Ophthalmol*. 2020 Apr;34(2):106–112. doi: 10.3341/kjo.2019.0113.
 29. Abdellah MM, Amer AA, Eldaly ZH, Anber MA. Optical coherence tomography angiography of the macula of high myopia in children and adolescents. *Int J Retina Vitreous*. 2024 Feb 5;10(1):17. doi: 10.1186/s40942-024-00532-w.
 30. Yao H, Xin D, Li Z. The Deep Vascular Plexus Density Is Closely Related to Myopic Severity. *Ophthalmic Res*. 2022;65(4):455–465. doi: 10.1159/000523938.
 31. Yilmaz H, Karakurt Y, Icel E, Ugurlu A, Ucak T, Tasli NG, Elpeze SB. Normative data assessment of vessel density and foveal avascular zone metrics using angioscan software. *Curr Eye Res*. 2019 Dec;44(12):1345–1352. doi: 10.1080/02713683.2019.1639769.
 32. Dastiridou A, Kassos I, Samouilidou M, Koutali D, Mataftsi A, Androudi S, Ziakas N. Age and signal strength-related changes in vessel density in the choroid and the retina: an OCT angiography study of the macula and optic disc. *Acta Ophthalmol*. 2022 Aug;100(5):e1095–e1102. doi: 10.1111/aos.15028.
 33. Юсеф ЮН, Дуржинская МХ, Павлов ВГ, Петрачков ДВ, Гуревич ИБ, Яшина ВВ, Тлеубаев АТ, Фадеев ВВ, Полубояринова ИВ, Гольдсмит АЕ, Карамуллина РА, Липатов ДВ, Будзинская МВ. Автоматизированный анализ ретикулярной микроциркуляции при сахарном диабете 1 типа. Сахарный диабет. 2024;27(1):41–49. doi: 10.14341/DM12931.
Yusef YuN, Durzhinskaya MH, Pavlov VG, Petrachkov DV, Gurevich IB, Yashina VV, Tleubaev AT, Fadeyev VV, Poluboyarinova IV, Goldsmid AE, Karamullina RA, Lipatov DV, Budzinskaya MV. Automated analysis of retinal microcirculation in type 1 diabetes mellitus. *Diabetes mellitus*. 2024;27(1):41–49 (In Russ.). doi: doi.org/10.14341/DM12931.
 34. Fan H, Chen HY, Ma HJ, Chang Z, Yin HQ, Ng DS, Cheung CY, Hu S, Xiang X, Tang SB, Li SN. Reduced Macular Vascular Density in Myopic Eyes. *Chin Med J (Engl)*. 2017 Feb 20;130(4):445–451. doi: 10.4103/0366-6999.199844.
 35. Takusagawa HL, Liu L, Ma KN, Jia Y, Gao SS, Zhang M, Edmunds B, Parikh M, Tehrani S, Morrison JC, Huang D. Projection-resolved optical coherence tomography angiography of macular retinal circulation in glaucoma. *Ophthalmology*. 2017 Nov;124(11):1589–1599. doi: 10.1016/j.ophtha.2017.06.002.
 36. Shi Y, Ye L, Chen Q, Hu G, Yin Y, Fan Y, Zhu J, He J, Zheng Z, Zou H, Xu X. Macular Vessel Density Changes in Young Adults With High Myopia: A Longitudinal Study. *Front Med (Lausanne)*. 2021 Jun 8;8:648644. doi: 10.3389/fmed.2021.648644.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Макаревич Екатерина Сергеевна
аспирант кафедры офтальмологии и оториноларингологии
<https://orcid.org/0000-0002-0516-0068>

Федяшев Глеб Арнольдович
доктор медицинских наук, заведующий кафедрой офтальмологии
и оториноларингологии
<https://orcid.org/0000-0003-2440-6059>

Ручкин Михаил Петрович
кандидат медицинских наук, ассистент кафедры офтальмологии
и оториноларингологии
<https://orcid.org/0000-0002-8966-3120>

ABOUT THE AUTHORS

Makarevich Ekaterina S.
postgraduate of the Ophthalmology and Otorhinolaryngology Department
<https://orcid.org/0000-0002-0516-0068>

Fedyashev Gleb A.
MD, head of the Ophthalmology and Otorhinolaryngology Department
<https://orcid.org/0000-0003-2440-6059>

Ruchkin Michael P.
PhD, assistant of the Ophthalmology and Otorhinolaryngology Department
<https://orcid.org/0000-0002-8966-3120>

Влияние очковой коррекции с линзами дефокусного дизайна на прогрессирование миопии у детей и подростков

Д.А. Мягков¹В.И. Чудинова²

¹ ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней им. М.М. Краснова»
ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация

² АНО «Национальный институт миопии»
ул. Дегунинская, 7, Москва, 127486, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2026;23(1):150–156

Актуальность. Прогрессирующая миопия остается серьезной медико-социальной проблемой, требующей эффективных методов ее стабилизации. Перспективным неинвазивным подходом являются очки с дефокусным дизайном DIMS, замедляющие аксиальный рост глаза. Сравнительные исследования научно обоснованных методов позволяют выбирать оптимальные стратегии контроля миопии для различных групп пациентов. Настоящая работа представляет собой часть более масштабного проекта, направленного на оценку эффективности таких методов. **Цель исследования:** изучить влияние очков с DIMS-линзами на прогрессирование миопии у детей и подростков по показателям аксиальной длины (AL) и сферэквивалента (SE) в течение 12 месяцев. **Пациенты и методы.** В исследование включены 63 ребенка 7–14 лет с миопией слабой и средней степени (SE от -0,50 до -6,00 D). Пациенты самостоятельно выбирали метод коррекции: трансфокальные очки, ортокератология или мягкие бифокальные линзы. Группу исследования составили те, кто выбрал очки с DIMS. AL и SE измерялись на входе в исследование и через 12 месяцев. Проводилась стратификация по степени миопии. **Результаты.** За один год средний прирост AL составил $0,16 \pm 0,06$ мм, SE — $0,31 \pm 0,08$ D. При слабой миопии выявлена умеренная положительная корреляция между AL и SE ($r = +0,372$, $p = 0,0276$); при средней степени корреляция отсутствовала. Отказ от очков (28,6 %) чаще был связан с переходом на МКЛ (мягкие контактные линзы) с дефокусом или ОКЛ (ортокератологические контактные линзы). **Заключение.** Очки с DIMS-линзами оказались эффективными в замедлении прогрессирования миопии. У пациентов со слабой миопией выявлена умеренная положительная корреляция между динамикой аксиальной длины и сферэквивалентом, в отличие от группы со средней миопией, что может указывать на различия в механизмах прогрессии. Отказ от очков чаще был связан с переходом на альтернативные методы коррекции (МКЛ с дефокусом или ОКЛ), что подчеркивает важность индивидуального подхода и возможности выбора лечения для повышения приверженности терапии.

Ключевые слова: контроль миопии, трансфокальные очки, технология DIMS, аксиальная длина, сферический эквивалент

Для цитирования: Мягков Д.А., Чудинова В.И. Влияние очковой коррекции с линзами дефокусного дизайна на прогрессирование миопии у детей и подростков. *Офтальмология*. 2026;23(1):150–156. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-150-156>

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

Конфликт интересов отсутствует.



The Effect of Eyeglass Correction with Defocus Design Lenses on the Progression of Myopia in Children and Adolescents

D.A. Myagkov¹, V.I. Chudinova²

¹ Krasnov Research Institute of Eye Diseases
Rossolimo str., 11a, b, Moscow, 119021, Russian Federation

² National Myopia Institute
Deguninskaya str., 7, Moscow, 127486, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2026;23(1):150–156

Introduction. Progressive myopia remains a serious medical and social problem that requires effective methods of its stabilization. A promising non-invasive approach is glasses with a defocused DIMS design that slow down the axial growth of the eye. Comparative studies of evidence-based methods allow selection of optimal control strategies for different patient groups. The present work is part of a large project aimed at evaluating such methods. **Purpose:** to study the effect of DIMS glasses on myopia progression in children and adolescents by axial length (AL) and spherocylindrical (SE) scores over 12 months. **Patients and methods.** The study included 63 children 7–14 years old with mild to moderate myopia (−0.50 D to −6.00 D). Patients independently chose the method of correction: bifocal glasses, orthokeratology or soft bifocal lenses. The study group consisted of those who chose glasses with DIMS. AL and SE were measured at baseline and 12 months. Myopia was stratified. **Results.** Over the year, the average increase in AL was 0.16 ± 0.06 mm, SE — 0.31 ± 0.08 D. With mild myopia, a moderate positive correlation was found between AL and SE ($r = +0.372$, $p = 0.0276$); with a moderate degree — no. Refusal of points (28.6%) was more often associated with the transition to MCL with defocus or OCL. **Conclusions.** Glasses with DIMS lenses were effective in slowing the progression of myopia. Patients with mild myopia showed a moderate positive correlation between axial length and spherocylindrical, in contrast to the group with moderate myopia, which may indicate differences in the mechanisms of progression. Refusal of glasses was more often associated with the transition to alternative methods of correction (MCL with defocus or OCL), emphasizing the importance of an individual approach and the possibility of choice to increase adherence to therapy.

Keywords: myopia control, bifocal glasses, DIMS technology, axial length, spherical equivalent

For citation: Myagkov D.A., Chudinova V.I. The Effect of Eyeglass Correction with Defocus Design Lenses on the Progression of Myopia in Children and Adolescents. *Ophthalmology in Russia*. 2026;23(1):150–156. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-150-156>

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

There is no conflict of interests.

В последнее десятилетие были разработаны различные варианты оптических инструментов с целью замедления избыточного роста глаза при прогрессирующей миопии: ортокератологические контактные линзы, жесткие и мягкие мульти-/бифокальные контактные линзы, а также бифокальные, многосегментные и прогрессивные очковые линзы [1, 2]. Как правило, миопия начинается в детском возрасте и в большинстве случаев прогрессирует до 18–20 лет [3]. С точки зрения физической оптики миопия является дисбалансом между преломляющей способностью глаза и его осевой длиной и в большинстве случаев связана с чрезмерным увеличением осевой длины. Избыточное увеличение аксиальной длины глаза сопровождается ростом риска возникновения серьезных осложнений, таких как глаукома, отслойка сетчатки и миопическая макулопатия [4–6]. Согласно оценкам исследователей, к 2050 г. 10 % населения земного шара может иметь миопию высокой степени, что способно повлечь за собой мультипликативный риск развития этих серьезных заболеваний [7]. Очковая коррекция остается основным и перспективным неинвазивным методом контроля прогрессирования миопии. Наиболее часто упоминаемыми в литературе являются

очковые линзы с технологией HAL и DIMS, которые обеспечивают максимально возможную скорректированную остроту центрального зрения с одновременным формированием наведенного периферического миопического дефокуса [8–11]. В нескольких рандомизированных клинических исследованиях было показано, что очковые линзы с технологией DIMS обладают высокой эффективностью в отношении замедления прогрессирования близорукости, снижая увеличение аксиальной длины глаза на 60 % в группе, использовавшей данный метод оптического контроля миопии, по сравнению с контрольной группой [9, 12, 13]. В России очковые линзы DIMS доступны под торговой маркой MiYOSMART (линзы Noya Thailand Ltd., Таиланд). Нами с 2023 по 2024 г. было проведено проспективное исследование влияния очковых линз MiYOSMART, бифокальных МКЛ и ортокератологических КЛ, направленное на сравнительную оценку их эффективности в отношении прогрессирования миопии у группы детей с развивающейся близорукостью после первого года лечения на базе Национального института миопии. Для оценки терапевтической эффективности замедления прогрессирования миопии мы сравнивали фактические годовые темпы увеличения аксиальной

D.A. Myagkov, V.I. Chudinova

Contact information: Chudinova Valeriya I. v.chudinova@okvision.ru

The Effect of Eyeglass Correction with Defocus Design Lenses on the Progression of Myopia...

длины глаза и изменения рефракции у пациентов со слабой и средней степенью миопии. В данной публикации мы представляем результаты, касающиеся влияния очковых линз MiYOSMART на рост осевой длины глаза и динамику рефракции по итогам первого года использования.

Цель исследования: изучить изменения аксиальной длины и сферозэквивалента у детей и подростков с прогрессирующей миопией на фоне ношения очков с линзами дефокусного дизайна, оценить влияние самостоятельного выбора пациентом того или иного метода контроля миопии на приверженность к нему.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

В исследование включили пациентов в возрасте от 7 до 14 лет, имеющих близорукость от $-0,50$ до $-6,00$ дптр, астигматизм не более $0,75$ дптр и анизометропию не более $2,00$ дптр. У всех пациентов должна была быть максимальная корригированная острота зрения $1,0$ и выше при отсутствии других офтальмологических патологий и системных заболеваний. В исследование не включали детей с амблиопией, косоглазием вблизи или вдаль (включая периодическое), а также детей, в анамнезе которых было ношение оптических средств коррекции для контроля миопии или применение низких доз атропина в виде глазных капель.

Всем пациентам разрешали выбирать в соответствии с их предпочтениями оптические варианты лечения близорукости: очки с линзами дефокусного дизайна, бифокальные мягкие контактные линзы или ортокератологические линзы. В данное исследование были включены 63 ребенка, которые на базовом визите отдали предпочтение в пользу ношения очков. Пациенты были проинформированы о правилах ношения очков и необходимости соблюдения графика посещения врача (через 1, 6 и 12 месяцев). Участники исследования были проинформированы, что они могут при желании изменить способ контроля миопии или отказаться от участия в исследовании.

Всем пациентам на базовом приеме было проведено полное офтальмологическое обследование, включая измерение аксиальной длины глаза с помощью оптического биометра Aladdin HW 3.0 (Торсон, Япония) и определение рефракции с помощью авторефрактометра Huvitz HRK-7000 (Huvitz, Корея) в условиях циклоплегии. Для проведения циклоплегии в каждый глаз закапывали раствор тропикамида в дозе 5 мг/мл трехкратно с интервалом 5 минут. Через полчаса после последней инстилляцией капле оценивали полную циклоплегию по отсутствию светового рефлекса. Учитывая, что основным условием эффективности оптических методов контроля миопии, основанных на наведении периферического миопического дефокуса, является острота зрения $1,0$ и выше, очки и МКЛ назначали по данным субъективной рефракции с МКОЗ $1,0$ и выше. По результатам обследования 63 пациента, соответствующих критериям включения и не-включения, были распределены на две группы: 1-я группа

включала 47 детей ($n = 92$ глаза) с миопией слабой степени (до $-3,00$ дптр), 2-я — 18 детей ($n = 34$ глаза) со средней миопией (от $-3,25$ до $-6,00$ дптр), 3-я группа составила обобщенную выборку из 1-й и 2-й групп; средний возраст участников составил $9,83 \pm 0,37$ года.

Для контроля эффективности лечения миопии использовали метод, основанный на сравнении ежегодного прироста длины глаза пациента в осевом направлении (AL-прирост) со значением аксиальной длины, силы рефракции по сферическому эквиваленту (SE) (SE-прирост), определенных на базовом приеме.

Статистическая обработка проводилась с использованием пакета SPSS 25.0. Нормальность распределения проверялась с помощью теста Шапиро — Уилка. В зависимости от результата использовали парный t -тест или критерий Вилкоксона. Корреляция оценивалась по коэффициенту Пирсона.

В связи с тем, что в исследовании не предполагалось наличие контрольной группы и рандомизации, формальное одобрение этического комитета не требовалось. Все процедуры проводились в соответствии с Хельсинкской декларацией 1964 г. и более поздними поправками к ней или сопоставимыми этическими стандартами. От законных представителей всех отдельных участников, включенных в исследование, было получено информированное согласие на участие и анонимный анализ собранных в плановом порядке данных в научных целях.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В исследование были включены 63 пациента, прошедшие отбор в соответствии с критериями включения и не-включения. Через 6 месяцев наблюдения из исследования были исключены 18 человек ($28,57\%$), из них 2 — по причине неявки на контрольный визит, 16 (7 человек из 1-й группы и 9 человек из 2-й группы) решили выбрать другой метод контроля миопии. 9 человек перешли на МКЛ (4 из 1-й группы и 5 из 2-й) по причине прогрессирования близорукости, остальные 7 человек (3 из 1-й группы и 4 из 2-й) перешли на ортокератологию в связи с занятиями спортом, не предполагающими использование очков.

В анализ эффективности через 12 месяцев были включены 45 пациентов (90 глаз), завершивших наблюдение при использовании очков с линзами дефокусного дизайна. Поскольку распределение по группам проводилось на уровне глаз, анализ выбывания выполнялся на уровне пациента и не стратифицировался по группам. Данные AL и SE, а также методы, на которые перешли пациенты, представлены в таблице 1.

В течение одного года ношения очков с линзами дефокусного дизайна DIMS в обеих группах были зафиксированы достоверный прирост аксиальной длины (AL) и увеличение значения сферозэквивалента (SE), однако темпы этих изменений были ниже, чем при естественном течении заболевания, что указывает на замедление прогрессии. На рисунках 1 и 2 представлено распределение изменения аксиальной длины (AL1) и сферозэквивалента (SE1)

Таблица 1. Данные об участниках исследования, исходных и контрольных AL и SE

Table 1. Data on study participants, baseline and control AL and SE

Группа Group	Количество участников/ глаз Number of participants/ eyes	Средний возраст (на момент включения), лет Average age (at enrollment), years	Исходная AL, мм Baseline AL, mm	Исходная SE, дптр Baseline SE, D	Завершили 12 мес. DIMS, кол-во участников / глаз Completed 12 months of DIMS wear, number of participants / eyes	12 мес. AL, мм 12 months AL, mm	12 мес. SE, дптр 12 months SE, D	Прирост AL, мм Increase AL, mm	Прирост SE, дптр Increase SE, D	p-value AL	p-value SE	r (AL и SE)	p-value r
1-я группа 1 group	47/92	9,68 ± 0,34	23,99 ± 0,16	-1,72 ± 0,16	35/69	24,15 ± 0,17	-1,99 ± 0,19	0,16 ± 0,06	0,26 ± 0,09	<0,001	<0,001	0,372	0,0276
2-я группа 2 group	18/34	10,11 ± 0,50	24,76 ± 0,21	-4,28 ± 0,19	11/21	24,94 ± 0,22	-4,69 ± 0,22	0,19 ± 0,17	0,41 ± 0,15	0,0309	<0,001	0,108	0,537
Общая группа General group	63/126	9,80 ± 0,28	24,21 ± 0,14	-2,45 ± 0,24	45/90	24,37 ± 0,15	-2,76 ± 0,26	0,16 ± 0,06	0,31 ± 0,08	<0,001	<0,001	0,233	0,0097

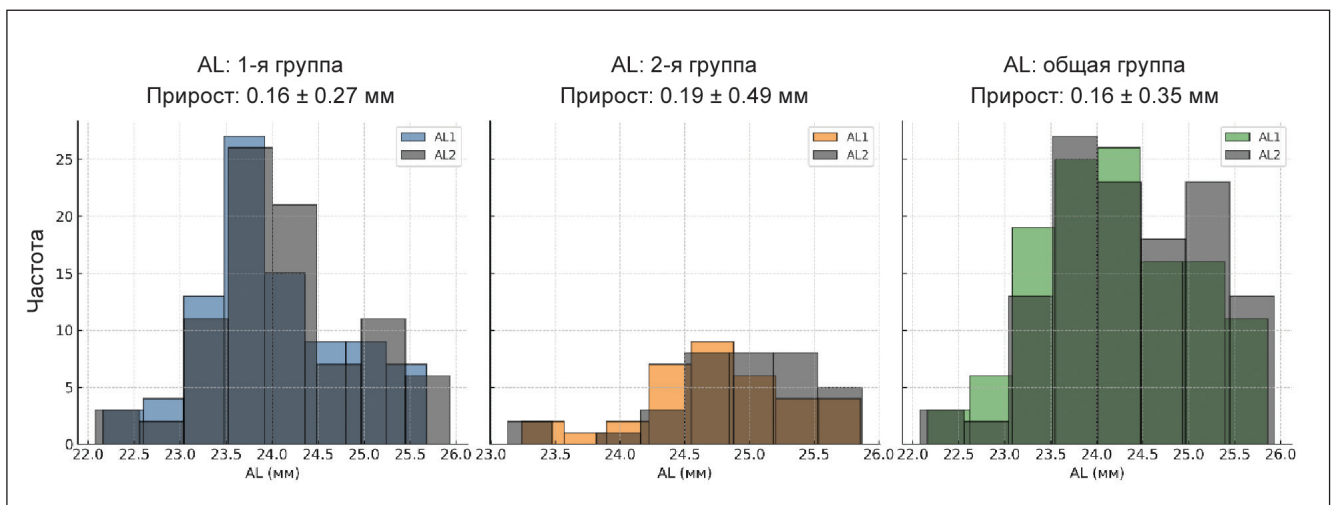


Рис. 1. Изменение AL в группах со слабой и средней миопией и в целом у всех исследуемых

Fig. 1. Change in axial length in groups with mild and moderate myopia and in all subjects in general

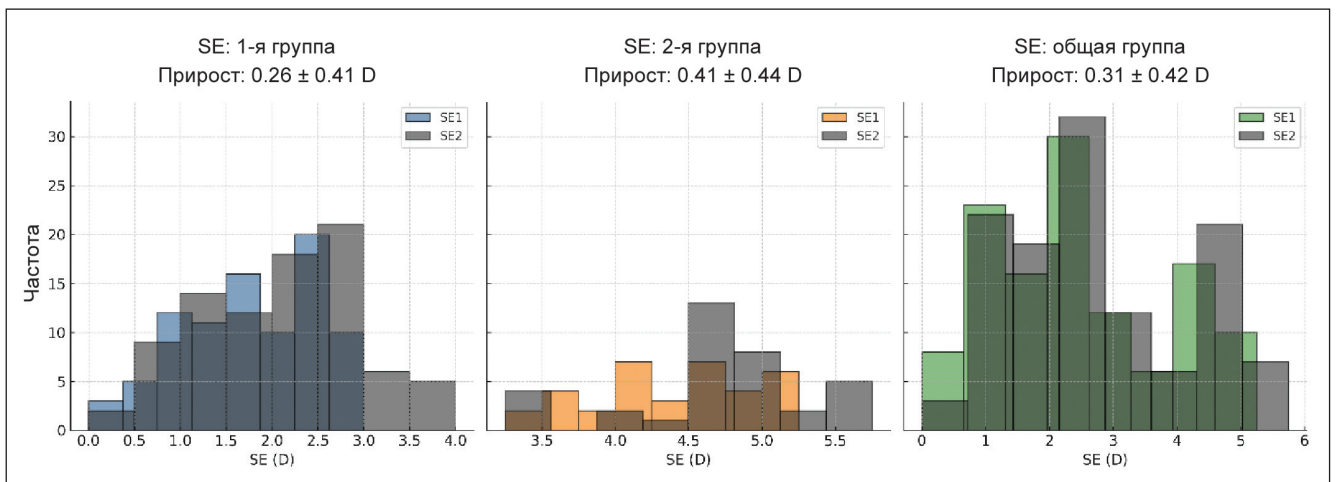


Рис. 2. Изменение SE в группах со слабой и средней миопией и в целом у всех исследуемых

Fig. 2. Change in spheroequivalent in groups with mild and moderate myopia and in all subjects in general

в зависимости от исходных данных в трех группах. Участники 1-й группы (слабая миопия) были в среднем моложе, с пиком возраста около 9 лет, тогда как 2-я группа (средняя миопия) включала детей преимущественно 10–12 лет, что может частично объяснять более выраженные исходные значения AL и SE в этой подгруппе.

Распределение AL1 показало четкое смещение в сторону больших значений у детей с более высокой миопией, отражая ожидаемую связь между степенью миопии и длиной глазного яблока. Аналогично SE1 в 1-й группе варьировал от 0 до -3,00 дптр, а во 2-й группе — от -3,25 до -6,00 дптр, что указывает на обоснованность деления на группы по степени миопии для дальнейшего поиска корреляции.

Наиболее выраженный эффект замедления прогрессирования заболевания был отмечен в группе со слабой миопией. За 12 месяцев прирост AL составил в среднем $0,16 \pm 0,06$ мм, а прогрессия SE — $0,26 \pm 0,09$ дптр, при этом изменения обоих параметров были статистически значимы. Более того, в данной группе была выявлена умеренная положительная корреляция между приростом AL и изменением SE ($r = +0,372$, $p = 0,0276$), что указывает на то, что увеличение длины глаза связано с ухудшением рефракционного статуса. Эти данные подтверждают представление о том, что на начальных этапах развития миопии аксиальный рост является основным механизмом ее прогрессии. В группе со средней степенью миопии прирост AL за год составил $0,19 \pm 0,17$ мм, а прогрессия SE — $0,41 \pm 0,15$ дптр. Несмотря на то что оба изменения также были статистически значимыми ($p = 0,030$ и $p < 0,001$ соответственно), корреляция между AL и SE практически отсутствовала ($r = 0,108$, $p = 0,537$). Это может свидетельствовать о том, что у пациентов с более выраженной миопией дальнейшее снижение SE может происходить за счет механизмов, не всегда связанных напрямую с аксиальным ростом, включая изменения в хрусталике, роговице или заднем сегменте глаза. Подобное отсутствие связи между AL и SE ранее также описывалось в литературе

и объясняется комплексным характером миопической прогрессии на более поздних этапах [14, 15].

Объединенный анализ всей выборки за исключением дропаута ($n = 90$ глаз) показал средний прирост AL на $0,16 \pm 0,06$ мм и прогрессию SE на $0,31 \pm 0,08$ дптр, оба показателя статистически значимы ($p < 0,001$ и $p < 0,001$ соответственно). Однако корреляция между этими параметрами хоть и оказалась слабой, но показала значимый уровень достоверности ($r = +0,233$, $p = 0,0097$). Наличие статистически значимой корреляции свидетельствует о гетерогенности выборки, что обосновывает необходимость стратификации по исходной миопии при анализе результатов лечения.

Полученные нами данные частично сопоставимы с результатами других исследований по контролю прогрессирования миопии с использованием периферического дефокуса (табл. 2). В исследовании Akagun и соавт. [16] за 12 месяцев при ношении DIMS-линз прирост AL составил $0,14$ мм, а прогрессия миопии по SE — $0,28$ дптр, что сопоставимо с нашими результатами. В контрольной группе с однофокусными линзами (SVSL) показатели были выше: AL — $+0,29$ мм, SE — $0,74$ дптр. В исследовании Gupta и соавт. [17] сравнивались три типа очковых линз различного лечебного дизайна, а именно DIMS, HAL (Highly Aspherical Lenslets) и CARE (Cylindrical Annular Refractive Elements). За 12 месяцев в группе DIMS прирост аксиальной длины составил $0,20$ мм, прогрессия SE — $0,38$ дптр, в группе HAL прирост AL — $0,19$ мм, а SE изменился на $0,36$ дптр, в группе CARE прирост AL — $0,23$ мм, а прогрессия SE — $0,31$ дптр. Эти данные подтверждают эффективность очковых линз с наведенным периферическим миопическим дефокусом, однако показатели в этом исследовании были выше, чем в нашем. В работе Lam и соавт. [12] также были получены данные, подтверждающие эффективность DIMS-линз. За первый год ношения прирост AL составил $0,10$ мм, а прогрессия миопии по SE — $0,18$ дптр, что практически совпадает с нашими результатами. В европейском исследовании Lembo и соавт. [18] за 12 месяцев в группе DIMS прирост

Таблица 2. Сравнение изменений AL и SE по данным аналогичных исследований за последние 5 лет

Table 2. Comparison of changes in AL and SE from similar studies over the past 5 years

Авторы Authors	Тип коррекции Type of correction	Кол-во участников Number of participants	Средний возраст, лет Average age, years	Исходная AL, мм Baseline AL, mm	Исходная SE, дптр Baseline SE, D	Прирост AL за 12 мес., мм AL increase over 12 months, mm	Прирост SE за 12 мес., дптр SE growth for 12 months, D	p-value AL	p-value SE
Akagun et al., 2025	DIMS	97 (DIMS 54 / SVSL 43)	$10,3 \pm 2,4$	$24,59 \pm 1,05$	$-2,92 \pm 0,91$	$0,14 \pm 0,31$ (DIMS) $0,29 \pm 0,31$ (SVSL)	$0,28 \pm 0,42$ (DIMS) $0,74 \pm 0,75$ (SVSL)	$<0,001$ (DIMS) $<0,001$ (SVSL)	$<0,001$ (DIMS) $p < 0,001$ (SVSL)
Gupta et al., 2025	DIMS / HAL / CARE	120 (DIMS 40 / HAL 40 / CARE 40)	$10,1 \pm 3,3$	$24,62 \pm 0,79$	$-2,68 \pm 0,88$	$0,20 \pm 0,11$ (DIMS) $0,19 \pm 0,12$ (HAL) $0,23 \pm 0,14$ (CARE)	$0,38 \pm 0,13$ (DIMS) $0,36 \pm 0,12$ (HAL) $0,31 \pm 0,15$ (CARE)	$<0,001$ (DIMS) $<0,001$ (HAL) $<0,001$ (CARE)	$<0,001$ (DIMS) $<0,001$ (HAL) $<0,001$ (CARE)
Lam et al., 2022	DIMS	120 (DIMS 65 / контроль > DIMS 55)	$10,15 \pm 1,52$	$24,68 \pm 0,82$	$-2,98 \pm 0,96$	$0,10 \pm 0,14$ (DIMS)	$0,18 \pm 0,37$ (DIMS)	$<0,001$ (DIMS)	$<0,001$ (DIMS)
Lembo et al., 2024	DIMS / HAL	146 (DIMS 73 / HAL 73)	$11,20 \pm 2,30$ (DIMS) $11,40 \pm 2,38$ (HAL)	$25,00 \pm 0,99$ (DIMS) $24,90 \pm 0,99$ (HAL)	$-3,60 \pm 1,81$ (DIMS) $-3,40 \pm 1,63$ (HAL)	$0,19 \pm 0,56$ (DIMS) $0,15 \pm 0,47$ (HAL)	$0,34 \pm 0,46$ (DIMS) $0,30 \pm 0,30$ (HAL)	$<0,001$ (DIMS) $<0,001$ (HAL)	$<0,001$ (DIMS) $<0,001$ (HAL)
Myagkov et al., 2025	DIMS	63 включены / 45 завершили (DIMS)	$9,80 \pm 0,28$	$24,21 \pm 0,14$	$-2,45 \pm 0,24$	$0,16 \pm 0,06$	$0,31 \pm 0,08$	$<0,001$ (DIMS)	$<0,001$ (DIMS)

Таблица 3. Данные AL и SE выбывших из исследования через 6 месяцев**Table 3.** Data from AL and SE dropouts at 6 months

Группа Group	Кол-во участников / глаз Number of participants / eyes	Средний возраст, лет Average age, years	Исходная AL, мм Baseline AL, mm	Исходная SE, дптр Baseline SE, D	Прирост AL, мм AL increase mm	Прирост SE, дптр SE growth D	p-value AL	p-value SE
МКЛ SCL	9/18	9,67 ± 1,44	24,22 ± 0,72	-2,14 ± 1,34	0,16 ± 0,11	0,25 ± 0,25	0,0078	0,0656
ОКЛ OCL	7/14	11,00 ± 1,51	25,30 ± 0,63	-3,07 ± 1,26	0,14 ± 0,12	0,39 ± 0,44	0,0781	0,0679
Общая группа General group	16/32	10,25 ± 0,98	24,69 ± 0,52	-2,55 ± 0,86	0,15 ± 0,07	0,31 ± 0,21	0,0006	0,0062

AL составил 0,19 мм, а в группе HAL — 0,15 мм, прогрессия миопии по SE — 0,34 дптр в группе DIMS и 0,30 дптр в группе HAL.

Важным фактором скорости прогрессирования миопии является возраст пациентов. В нашем исследовании средний возраст детей был ниже, чем в ряде других работ, например в исследованиях Akagun и соавт. и Lembo и соавт. [16, 18]. Несмотря на это, прирост аксиальной длины глазного яблока оказался сопоставимым или даже ниже, хотя в младшем возрасте физиологический рост глаз обычно более выражен. Это может свидетельствовать о высокой эффективности применения DIMS-линз именно у детей младшего возраста и подчеркивает значимость раннего начала коррекции для замедления прогрессии миопии. Таким образом, полученные данные подтверждают, что использование DIMS-линз эффективно снижает темпы как анатомической (по AL), так и клинической (по SE) прогрессии миопии у детей, особенно на ранних стадиях заболевания. Отсутствие четкой корреляции между AL и SE у детей с более выраженной миопией подчеркивает необходимость многофакторной оценки результатов лечения и разработки индивидуализированных стратегий контроля.

Данные значений AL и SE у выбывших пациентов представлены в таблице 3. Следует обратить внимание, что в таблице представлены данные прироста AL и SE за 6 месяцев. Эти изменения были достоверны и имели положительную корреляцию, т.е. изменение SE было обусловлено увеличением AL. Экстраполируя эти дан-

ные в годовом выражении, можно отметить значительный рост AL и SE. В связи с этим участникам исследования были предложены альтернативные методы контроля миопии: БМКЛ (бифокальные мягкие контактные линзы) и ОКЛ. Исходя из особенностей дополнительных активностей часть пациентов выбрали ношение БМКЛ (9 участников), а другая часть — ОКЛ (7 участников).

ВЫВОДЫ

Очки с трансфокальными линзами по технологии DIMS (MiYOSMART) продемонстрировали высокую эффективность в замедлении прогрессирования миопии у детей и подростков с миопией слабой и средней степени через один год ношения. Возможность выбора пациентом метода контроля миопии с учетом индивидуальных предпочтений является важным фактором повышения приверженности лечению. Наличие альтернативных подходов позволяет гибко адаптировать план терапии, оперативно корректируя его в зависимости от меняющихся предпочтений детей и подростков, клинической динамики и эффективности конкретного метода у данного пациента. Это, в свою очередь, способствует улучшению итоговых результатов и персонализированной стратегии контроля миопии.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Мягков Д.А. — концепция и дизайн исследования, статистическая обработка, написание текста;
Чудинова В.И. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, редактирование.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Ang M, Wong TY. A Clinical Perspective Updates on Myopia. Springer Open. 2020. doi: 10.1007/978-981-13-8491-2.
- Myagkov AV, Myagkov DA. Optical methods for the management of progressive myopia. Eye Glaz. 2023;25(2):151–162. doi: 10.33791/2222-4408-2023-2-151-162.
- Zadnik K, Sinnott LT, Cotter SA, Jones-Jordan LA, Kleinstejn RN, Manny RE, Twelker JD, Mutti DO. Prediction of juvenile-onset myopia. JAMA Ophthalmol. 2015;133(6):683–689. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2015.0471.
- Saw SM, Gazzard G, Shin-Yen EC, Chua WH. Myopia and associated pathological complications. Ophthalmic and Physiological Optics. 2005;25(5):381–391. doi: 10.1111/j.1475-1313.2005.00298.x.
- Flitcroft DI. The complex interactions of retinal, optical and environmental factors in myopia aetiology. Prog Retin Eye Res. 2012;31(6):622–660. doi: 10.1016/j.pretyeres.2012.06.004.
- Wong TY, Ferreira A, Hughes R, Carter G, Mitchell P. Epidemiology and disease burden of pathologic myopia and myopic choroidal neovascularization: An evidence-based systematic review. Am J Ophthalmol. 2014;157(1):9–25.e12. doi: 10.1016/j.ajo.2013.08.010.
- Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, Jong M, Naidoo KS, Sankaridurg P, Wong TY, Naduvilath TJ, Resnikoff S. Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050. Ophthalmology. 2016;123(5):1036–1042. doi: 10.1016/j.ophtha.2016.01.006.
- Carlà MM, Boselli F, Giannuzzi F, Gambini G, Caporossi T, Vico UD, Savastano A, Baldascino A, Rizzo C, Kilian R, Rizzo S. Overview on Defocus Incorporated Multiple Segments Lenses: A Novel Perspective in Myopia Progression Management. Vision (Switzerland). 2022;6(2):20. doi: 10.3390/vision6020020.
- Lam CSY, Tang WC, Tse DYY, Lee RPK, Chun RKM, Hasegawa K, Qi H, Hatanaoka T, To CH. Defocus incorporated multiple segments (DIMS) spectacle lenses slow myopia progression: A 2-year randomised clinical trial. British Journal of Ophthalmology. 2020;104(3):363–368. doi: 10.1136/bjophthalmol-2018-313739.
- Jaskulski M, Singh NK, Bradley A, Kollbaum PS. Optical and imaging properties of a novel multi-segment spectacle lens designed to slow myopia progression. Ophthalmic and Physiological Optics. 2020;40(5):549–556. doi: 10.1111/opo.12725.
- Gantes-Núñez J, Jaskulski M, López-Gil N, Kollbaum PS. Optical characterisation of two novel myopia control spectacle lenses. Ophthalmic and Physiological Optics. 2023;43(3):388–401. doi: 10.1111/opo.13098.
- Lam CSY, Tang WC, Lee PH, Zhang HY, Qi H, Hasegawa K, To CH. Myopia control effect of defocus incorporated multiple segments (DIMS) spectacle lens in Chinese children: results of a 3-year follow-up study. British Journal of Ophthalmology. 2022;106(8):1110–1114. doi: 10.1136/bjophthalmol-2020-317664.
- Lam CSY, Tang WC, Zhang HY, Lee PH, Tse DYY, Qi H, Vlasak N, To CH. Long-term myopia control effect and safety in children wearing DIMS spectacle lenses for 6 years. Sci Rep. 2023;13(1):5475. doi: 10.1038/s41598-023-32700-7.

14. Keller K, Hessler P, Degle S. Longitudinale Studie zur Myopieprogression bei kaukasischen Studierenden unter Berücksichtigung der Achslänge des Auges und der objektiven Refraktion. *Optometry & Contact Lenses*. 2024;4(4):133–142. doi: 10.54352/dozv.qqxm3780.
15. Wang A, Yang C, Shen L, Wang J, Zhang Z, Yang W. Axial length shortening after orthokeratology and its relationship with myopic control. *BMC Ophthalmol*. 2022;22(1):243. doi: 10.1186/s12886-022-02461-4.
16. Akagun N, Altıparmak UE. Defocus incorporated multiple segments spectacle lenses for myopia control: A retrospective study in a Turkish cohort. *Ophthalmic and Physiological Optics*. 2025;45(5):1090–1097. doi: 10.1111/opo.13527.
17. Gupta V, Saxena R, Dhiman R, Phuljhele S, Sharma N. Comparative evaluation of different (peripheral defocus based) spectacle designs in preventing myopia progression: A double-blinded randomised clinical trial. *Ophthalmic and Physiological Optics*. Published online 2025. doi: 10.1111/opo.13548.
18. Lembo A, Schiavetti I, Serafino M, Caputo R, Nucci P. Comparison of the performance of myopia control in European children and adolescents with defocus incorporated multiple segments (DIMS) and highly aspherical lenses (HAL) spectacles. *BMJ Paediatr Open*. 2024;8(1):e003187. doi: 10.1136/bmjpo-2024-003187.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Мягков Даниил Александрович
врач-ординатор кафедры офтальмологии
<https://orcid.org/0009-0000-1987-5737>

Чудинова Валерия Ильинична
врач-офтальмолог, научный сотрудник отдела контроля миопии
<https://orcid.org/0009-0001-4563-3069>

ABOUT THE AUTHORS

Myagkov Daniil A.
resident physician at the Ophthalmology Department
<https://orcid.org/0009-0000-1987-5737>

Chudinova Valeriya I.
ophthalmologist, researcher of the Myopia Control Department
<https://orcid.org/0009-0001-4563-3069>

Клинический случай узловой дегенерации Зальцмана у пациента подросткового возраста

Е.Ю. Маркова^{1,2}Н.А. Гаврилова¹А.А. Постольник¹Н.Ф. Диданунан¹, М.М. Яхьяева¹

¹ ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. Делегатская, 20/1, Москва, 127473, Российская Федерация

² Глазной центр «Восток-прозрение»
ул. Полины Осипенко, 10, корп. 1, Москва, 123007, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2026;23(1):157–162

Узелковая (узловая) дегенерация Зальцмана (УДЗ) — редкое невоспалительное медленно прогрессирующее дегенеративное заболевание роговицы, характеризующееся формированием поверхностных голубовато-белых узелков диаметром 1–3 мм. Несмотря на то что заболевание было описано более 80 лет назад, многие аспекты его этиопатогенеза, факторов риска, эпидемиологии и клинического течения остаются недостаточно изученными. УДЗ, как правило, манифестирует в 5–6-й декаде жизни, тогда как случаи дебюта в детском и подростковом возрасте встречаются значительно реже, вызывают сложности в диагностике, особенно при наличии длительно существующих рецидивирующих эпителиальных нарушений роговицы. **Цель:** представить клинический случай узловой дегенерации Зальцмана у пациентки подросткового возраста и проанализировать особенности клинического течения и лечения заболевания. **Пациент и методы.** Описан клинический случай пациентки 16 лет с проявлениями воспалительного процесса передних отрезков глаз на ОУ. Проведено комплексное офтальмологическое обследование, включившее оценку остроты зрения, биомикроскопию, кератометрию и авторефрактометрию, оптическую когерентную томографию. В рамках лечения выполнена поверхностная кератэктомия с последующим медикаментозным сопровождением, направленным на купирование воспалительных изменений и восстановление эпителия роговицы, а также применением бандажной мягкой контактной линзы с кератопротекторным лечением в послеоперационном периоде. **Результаты.** При первичном осмотре выявлены типичные для УДЗ субэпителиальные и поверхностно-стромальные узелковые помутнения с приподнятым эпителием. Проведенное хирургическое и консервативное лечение привело к полной эпителизации роговицы, уменьшению выраженности изменений, улучшению зрительных функций и стабилизации состояния глазной поверхности. В течение 6 месяцев динамического наблюдения признаков прогрессирования заболевания не отмечено. **Заключение.** Представленный клинический случай демонстрирует редкий вариант течения узловой дегенерации Зальцмана у пациентки подросткового возраста и подчеркивает важность своевременной диагностики и комплексного подхода к лечению для достижения благоприятного клинического исхода и стабилизации зрительных функций.

Ключевые слова: узловая дегенерация Зальцмана, роговица, поверхностная кератэктомия, подростковый возраст, дистрофические заболевания роговицы, клинический случай, эпителиальные поражения роговицы

Для цитирования: Маркова Е.Ю., Гаврилова Н.А., Постольник А.А., Диданунан Н.Ф., Яхьяева М.М. Клинический случай узловой дегенерации Зальцмана у пациента подросткового возраста. *Офтальмология*. 2026;23(1):157–162. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-157-162>

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

Конфликт интересов отсутствует.



Salzmann Nodular Degeneration in an Adolescent Patient: A Clinical Case

E.Yu. Markova^{1,2}, N.A. Gavrilova¹, A.A. Postol'nik¹, N.F. Didakunan¹, M.M. Yakh'yayeva¹

¹ Russian University of Medicine
Delegatskaya str., 20/1, Moscow, 127473, Russian Federation

² Eye Center "East-Insight"
Polina Osipenko str., 10, bldg. 1, Moscow, 123007, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2026;23(1):157–162

Salzmann nodular degeneration (SND) is a rare, non-inflammatory, slowly progressive degenerative corneal disease characterized by the formation of superficial bluish-white nodules measuring 1–3 mm in diameter. Although the condition was first described more than 80 years ago, many aspects of its etiopathogenesis, risk factors, epidemiology, and clinical course remain insufficiently studied. SND typically manifests in the fifth or sixth decade of life, whereas onset in childhood or adolescence is considerably less common and may present diagnostic challenges, particularly in patients with long-standing recurrent epithelial corneal disorders. **Purpose:** to present a clinical case of Salzmann nodular degeneration in an adolescent patient and to analyze the features of its clinical course and management. **Patient and Methods.** A clinical case of a 16-year-old female patient with bilateral anterior segment involvement is described. A comprehensive ophthalmologic examination was performed, including assessment of visual acuity, slit-lamp biomicroscopy, keratometry, autorefractometry, and optical coherence tomography. Treatment included superficial keratectomy followed by postoperative medical therapy aimed at controlling inflammatory changes and promoting corneal epithelial recovery, as well as use of a bandage soft contact lens combined with keratoprotective therapy during the postoperative period. Results. At initial examination, typical SND findings were identified, including subepithelial and superficial stromal nodular opacities with epithelial elevation. The combined surgical and conservative treatment resulted in complete corneal re-epithelialization, reduction in the severity of corneal opacities, improvement in visual acuity, and stabilization of the ocular surface. During a 9-month follow-up period, no signs of disease progression were observed. **Conclusion.** The presented clinical case illustrates a rare manifestation of Salzmann nodular degeneration in the adolescent patients and highlights the importance of timely diagnosis and a comprehensive treatment approach to achieve favorable clinical outcomes and stabilization of visual function.

Keywords: Salzmann nodular degeneration, cornea, superficial keratectomy, adolescence, corneal dystrophic diseases, clinical case, corneal epithelial disorders

For citation: Markova Ye.Yu., Gavrilova N.A., Postol'nik A.A., Didakunan N.F., Yakh'yayeva M.M. Salzmann Nodular Degeneration in an Adolescent Patient: A Clinical Case. *Ophthalmology in Russia*. 2026;23(1):157–162. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-157-162>

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

There is no conflict of interests.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Узелковая (узловая) дегенерация Зальцмана (УДЗ) — редкое невоспалительное медленно прогрессирующее дегенеративное заболевание роговицы, характеризующееся формированием голубовато-белых поверхностных помутнений в виде узелков диаметром 1–3 мм, возвышающихся над поверхностью роговицы.

Впервые упоминания о двусторонних узловых помутнениях роговицы были представлены Эрнстом Фуксом в начале XX в., однако как самостоятельное заболевание узловая дегенерация была описана в 1925 г. австрийским офтальмологом Максимилианом Зальцманом. В своем первоначальном описании он представил случаи узелковой дегенерации, развивавшейся вторично после фликтенулезного или трахоматозного кератита [1].

Распространенность УДЗ среди населения изучена недостаточно. По данным М. Зальцмана (1925), частота заболевания составляла 1 случай на 2420 пациентов [2]. Одно из поздних исследований установило, что УДЗ встречается у 1,6 % пациентов на первичном офтальмологическом осмотре по поводу лечения иных заболеваний

глаза [3]. О. Enrique и соавт. также отметили, что заболевание чаще встречается у женщин, чем у мужчин [4].

Несмотря на то что УДЗ была описана более 80 лет назад и обладает характерными биомикроскопическими признаками, многие аспекты ее этиопатогенеза, специфических факторов риска и эпидемиологии до настоящего времени остаются недостаточно изученными [5].

Морфологически узелки представлены плотной неоднородной коллагеновой тканью с включениями гиалина, локализованной между эпителием и слоем Боумена, с возможным проникновением в передние слои стромы. Точный патофизиологический механизм заболевания до конца не установлен. Предполагается, что ключевую роль играет нарушение структурной и функциональной целостности эпителия роговицы на фоне хронического воспаления глазной поверхности, что приводит к деструкции слоя Боумена, активации и миграции фибробластов кпереди и отложению дезорганизованного внеклеточного матрикса в субэпителиальных узелках [6, 7].

Гистопатологически выявляются участки субэпителиального фиброза, нарушение целостности слоя Боумена

Е.Ю. Маркова, Н.А. Гаврилова, А.А. Постольник, Н.Ф. Дидакунан, М.М. Яхъяева

Контактная информация: Маркова Наталия Юрьевна markova_ej@mail.ru

Клинический случай узловой дегенерации Зальцмана у пациента подросткового возраста

и истончение покрывающего его эпителия. Заболевание характеризуется замещением боуеновой мембраны внеклеточным матриксом, включающим коллаген I и III типов, и нередко сопровождается присутствием активированных кератоцитов и миофибробластов [8].

УЗД, как правило, манифестирует на 5–6-й декаде жизни, однако в литературе описаны случаи дебюта заболевания в возрасте от 4 до 90 лет [9]. Согласно статистике, собранной в 2010 г., проявления охватывают оба глаза, но возможна асимметрия [10].

Заболевание может быть как первичным, так и вторичным. Первичная форма, наиболее часто встречающаяся, не ассоциируется с какими-либо другими заболеваниями роговицы, однако часто протекает на фоне нарушения функций мейбомиевых желез [11].

Возможно, для снижения риска прогрессирования заболевания необходимо лечение сопутствующих заболеваний: дисфункции мейбомиевых желез, кератоконъюнктивита и синдрома сухого глаза, которые часто сопровождают дегенерацию Зальцмана. Ряд авторов описывают УЗД как результат перенесенных эпизодов фликтенулезного кератита, сезонного кератоконъюнктивита, трахомы, а также других форм воспаления или травмы глаза [12, 13].

ЭТИОЛОГИЯ

К наиболее часто упоминаемым факторам риска УЗД, связанным с воспалительными заболеваниями поверхности глаза, относятся синдром сухого глаза, хронический блефарит, дисфункция мейбомиевых желез, фликтенулезный кератоконъюнктивит, птеригиум, травма, сезонный кератоконъюнктивит. Graue-Hernandez и соавт. провели исследование, в котором у 41,7 % пациентов с УЗД была выявлена дисфункция мейбомиевых желез, у 36,1 % — синдром сухого глаза, 30,5 % имели в анамнезе ношение контактных линз (жестких или мягких), 27,8 % перенесли какое-либо офтальмологическое вмешательство до постановки диагноза узловой дегенерации Зальцмана, а у 21,7 % отмечалась розацеа [4].

Предполагаемые механизмы запускают нарушение обновления стволовых клеток, снижение скорости слущивания эпителия центральной роговицы из-за физического барьера, создаваемого контактной линзой, а также ухудшение стабильности слезной пленки на поверхности роговицы [14–16].

Хирургические вмешательства, такие как факоэмульсификация катаракты, радиальная кератотомия, сквозная кератопластика, лазерная коррекция и другие, могут повышать риск развития УЗД [17–19].

УЗД описана в связи с рядом системных заболеваний, хотя окончательная причинно-следственная связь пока не подтверждена. В частности, узловая дегенерация Зальцмана была отмечена у пациентов с болезнью Крона, пигментным ретинитом, синдромом Кабуки, синдромом Картагенера, синдромом Элерса — Данлоса, тиреоидной офтальмопатией и синдромом Дэнди — Уокера [20, 21]. Хотя при УЗД не выявлено специфических генетических на-

рушений, описаны случаи, когда заболевание проявлялось у нескольких последовательных поколений, причем в двух случаях имелась аутосомно-доминантная наследственная передача [22, 23]. Возможно, существует связь данного заболевания с геном TGF- β , который является генетической основой других дистрофий роговицы [23].

КЛИНИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ И ДИАГНОСТИКА

Пациенты с УЗД долгое время могут оставаться асимптомными, особенно на ранней стадии заболевания, когда узелки располагаются вне оптической зоны. Однако с прогрессированием дегенерации происходит вовлечение все более обширной площади роговицы, вызывая ряд клинических проявлений. Пациенты часто жалуются на персистирующее ощущение инородного тела в глазу, которое обуславливается образованием узелков на поверхности роговицы, что нарушает ее гладкую поверхность. Возможно также появление астигматизма, обычно гиперметропического характера, снижение остроты зрения и нарушение стабильности слезной пленки [24]. Симптоматика варьирует от крайне легкой до выраженной, влияя на качество жизни и приводя к нарушениям зрительных функций [25]. Распознавание и понимание этого заболевания имеют важное значение, поскольку лечение в большинстве случаев относительно не сложное, а прогноз для пациентов обычно весьма благоприятный [12, 13].

При осмотре пациента можно заметить возвышенные над уровнем роговицы белые или голубые узелки, расположенные между слоем Боумена и эпителием. Узелки чаще всего имеют округлую форму, однако иногда встречаются конусовидные, призматические или клиновидные образования. Крупные и неправильной формы узелки, как правило, представляют собой конгломераты нескольких мелких. В литературе также описаны случаи кольцевидного помутнения по периферии роговицы. Некоторые узелки могут быть васкуляризированы, тогда как другие остаются аваскулярными [26, 27]. Формируются они медленно и постепенно, поэтому большинство пациентов не замечают момента появления заболевания. Окружающая поверхность роговицы истончается. Признаков воспаления не выявляется [22].

Кератотопография выявляет локальный нерегулярный астигматизм и снижение индекса регулярности роговицы. Этот метод особенно полезен для оценки вовлечения зрительной оси [23]. Оптическая когерентная томография (ОКТ) демонстрирует яркие гиперрефлективные субэпителиальные отложения над слоем Боумена, покрытые аномально тонким слоем эпителия [28]. Конфокальная микроскопия позволяет проводить морфологический и количественный анализ микроструктуры узелков при дегенерации Зальцмана. В норме эпителиальные клетки на изображениях имеют характерную «сотовидную» структуру с яркими границами и темными телами. Эпителий, покрывающий узелки, по данным конфокальной микроскопии, отличается нерегулярной морфологией и представлен удлинёнными полигональными клетками различного размера [29, 30].

ЛЕЧЕНИЕ

Выбор метода лечения зависит от размера и расположения узелков, а также от выраженности симптомов. Пациенты без жалоб могут находиться под наблюдением, тогда как при легких симптомах обычно достаточно консервативной терапии. В более тяжелых случаях может потребоваться хирургическое вмешательство [31].

Консервативная терапия, такая как увлажнение передней поверхности глаза, лечение блефарита, часто приводит к положительным результатам и является достаточной для пациентов с минимальными проявлениями УДЗ. Исследование E.O. Graue-Hernández показало, что в 77,3 % случаев достаточно наблюдения и консервативной терапии [4]. Возможно также применение у взрослых пациентов иммуномодуляторов, таких как циклоспорин, а также стероидов и доксициклина [32].

Проведение кератэктомии является эффективным методом лечения УДЗ. Производят механическое удаление узелков, а при наличии эпителиальной дистрофии или плохой визуализации области поражения роговицы возможна лазерная шлифовка [33].

В редких случаях выраженного процесса единственно возможной методикой лечения может выступать кератопластика или фоторефракционная кератэктомия. H. Osumi и соавт. провели аналитическое исследование, в котором пришли к выводу о восстановлении эпителиальных дефектов роговицы в срок от трех до пяти дней и прогрессирующем улучшении остроты зрения [34, 36, 37].

Несмотря на наличие различных терапевтических и хирургических стратегий, клиническая практика показывает, что выбор метода лечения зависит от множества факторов, включая индивидуальные особенности пациента и тяжесть заболевания. Ниже представлен клинический случай, иллюстрирующий применение этих подходов на практике.

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

Пациентка 16 лет обратилась в клинику с жалобами на снижение остроты зрения обоих глаз, дискомфорт и светобоязнь.

Анамнез заболевания: с возраста 3 лет пациентка наблюдается с диагнозом «кератит», затем — «дистрофия роговицы обоих глаз» (OU). В анамнезе — неоднократные хирургические вмешательства: дезэпителизация роговицы OU (4 раза) с последующим рецидивированием патологического процесса; в 2021 г. выполнена кератэктомия OU. Был поставлен диагноз «эпителиопатия OU». Пациентка на постоянной основе закапывает слезозаместительные и витаминные препараты.

Состояние пациентки на момент обращения в клинику. Максимально скорректированная острота зрения (МКОЗ): OU = 0,1.

Данные авторефрактометрии переменчивы, что расценено как следствие выраженной нерегулярности роговичной поверхности; результаты рефрактометрии носили ориентировочный характер.

При кератометрии выявлено выраженное уплощение и нерегулярность роговицы с формированием роговичного астигматизма до 5,0 дптр.

Объективно OU: окружающие ткани без патологических изменений. Положение глаз правильное. Движение глаз в полном объеме. При осмотре отмечается блефароспазм. Роговица: в оптической зоне обоих глаз и в парависочной зоне правого глаза (OD) на фоне приподнятого эпителия имеются округлые узелки до средних слоев роговицы. Глублежащие среды не изменены. Рефлекс с глазного дна розовый, детали плохо визуализируются из-за изменений роговицы (рис. 1, 2).

На основании клинко-инструментальных данных установлен диагноз «OU узловая дегенерация роговицы Зальцмана, астигматизм».

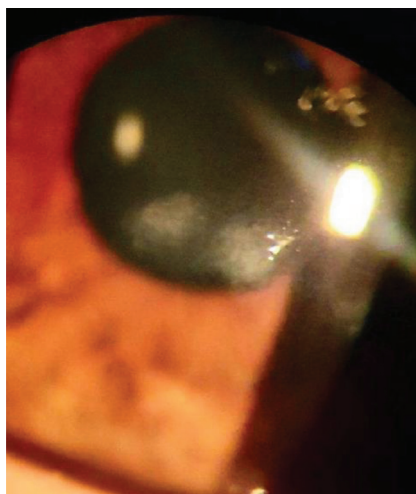


Рис. 1. Дооперационное состояние роговицы OS

Fig. 1. Preoperative state of the cornea OS

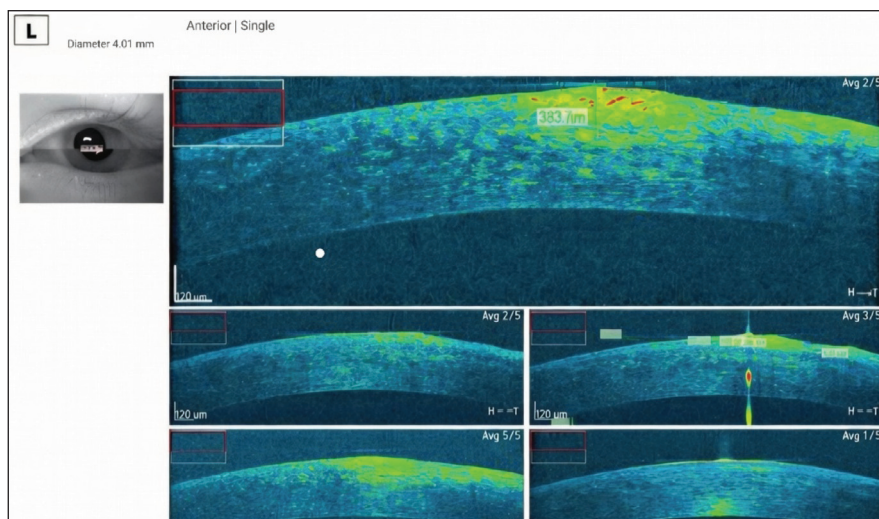


Рис. 2. Снимок ОКТ до операции OS

Fig. 2. OCT image before OS surgery

Пациентке выполнена поверхностная кератэктомия ОУ (ранний и поздний послеоперационные периоды без осложнений), надета бандажная контактная линза, назначен топический препарат СФЕРО®око в течение одного месяца после операции.

Рекомендовано: через 7 дней повторный прием, снятие бандажной контактной линзы; инстилляциии циклоsporина 0,05 % по 1 капле 2 раза в день в течение 1 месяца; дексаметазона 3 раза в день в течение 7 дней; СФЕРО®око 3 раза в день на постоянной основе; НПВС по 1 таблетке 2 раза в день внутрь до следующего осмотра.

Препарат СФЕРО®око представляет собой глазной гель, содержащий компоненты внеклеточного матрикса (ВКМ) роговицы, включая коллаген и протеогликаны. Известно, что более 90 % толщины роговицы приходится на строма, основу которой составляют элементы ВКМ, играющие ключевую роль в процессах репаративной регенерации.

Компоненты ВКМ формируют физиологически благоприятное микроокружение для клеток роговицы, регулируя процессы их адгезии, пролиферации и дифференцировки, а также поддерживая структурную организацию коллагеновых волокон. Протеогликаны и гликозаминогликаны участвуют в регуляции гидратации ткани и сохранении ее прозрачности.

Применение СФЕРО®око с бандажной контактной линзой обеспечивает пролонгированный контакт действующих компонентов с поверхностью роговицы, что имеет особое значение в раннем послеоперационном периоде после поверхностной кератэктомии и способствует ускорению процессов реэпителизации и восстановлению барьерных свойств роговицы [35].

Через 7 дней выполнен контрольный осмотр. Объективно: состояние ОУ без отрицательной динамики; роговичный эпителий частично восстановлен. Бандажная КЛ левого глаза (ОС) снята, рекомендовано продолжать носить бандажную КЛ с препаратом СФЕРО®око 10 дней, менять каждые 2 дня на ОД. К терапии добавлено НПВС в форме глазных капель.

Контрольный осмотр через 7 дней. Глаза спокойны, состояние без отрицательной динамики. Рекомендовано носить бандажную КЛ с препаратом СФЕРО®око 10 дней, менять каждые 2 дня на ОД.

Visus OU = 0,15

С коррекцией в очках:

OD: sph +1,5; cyl -3,0; ax 148 = 0,25.

OS: cyl -1,0; ax 12 = 0,25.

Осмотр спустя 1 месяц. Значительное улучшение состояния пациентки, повышение остроты зрения. Visus OU: 0,2–0,3. МКОЗ 0,35. Объективно: ОУ глаз спокойный. На роговице неполная эпителизация, в центральных и парцентральных зонах визуализируются мелкие узелковые помутнения до средних слоев.

Осмотр спустя 3 месяца. Visus OU = 0,3. МКОЗ OU = 0,4. Объективно ОУ: окружающие ткани без патологических изменений. Положение глаз правильное. Движение

в полном объеме. Глаза при осмотре спокойные. Роговица прозрачная, сохраняются неинтенсивные очаговые помутнения в поверхностных и средних слоях. Рекомендовано: инстилляциии ОУ дексаметазона по 1 капле на ночь; циклоспорина 0,05 % по 1 капле 2 раза в день до 6 месяцев, СФЕРО®око 3 раза в день на постоянной основе; Метилэтилпиридинол по 1 капле 3 раза в день.

Повторный прием через 9–10 месяцев.

На момент последнего осмотра состояние роговицы пациентки стабильное, проходит регулярные обследования для оценки течения заболевания в динамике и профилактики рецидива.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данный клинический случай демонстрирует вариант течения узловой дегенерации Зальцмана у пациентки подросткового возраста, что само по себе встречается реже, чем УДЗ у взрослых. При первичном обращении в клинику были выявлены типичные для данной патологии изменения: локальные округлые субэпителиальные и стромальные помутнения с приподнятым эпителием.

Применение комплексного подхода, включающего поверхностную кератэктомию, медикаментозную терапию и использование бандажной контактной линзы с современным лекарственным препаратом, обеспечило выраженную положительную клиническую динамику, восстановление эпителия роговицы и повышение зрительных функций.

Включение кератопротектора СФЕРО®око, содержащего компоненты внеклеточного матрикса роговицы, в схему послеоперационного лечения способствовало стабилизации состояния глазной поверхности и поддержанию достигнутого клинического эффекта.

В течение 6 месяцев наблюдения состояние глазной поверхности оставалось стабильным, без признаков рецидива или прогрессирования патологического процесса. Несмотря на выраженность исходных изменений роговицы, достигнутый клинический результат свидетельствует об эффективности выбранной тактики лечения. Стабильность полученного эффекта требует дальнейшего динамического наблюдения, но уже на данном этапе отмечено значимое улучшение функционального состояния глаза и качества жизни пациентки.

Таким образом, данный клинический случай подчеркивает важность ранней диагностики узловой дегенерации Зальцмана у пациентов молодого возраста и демонстрирует эффективность комплексного хирургического и медикаментозного подхода к лечению данной патологии.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Маркова Е.Ю. — концепция работы, окончательное одобрение варианта рукописи для публикации, сбор и анализ литературных данных, написание текста рукописи, подготовка рукописи к публикации;

Постольник А.А. — сбор и анализ литературных данных;

Дидакунан Н.Ф. — сбор и анализ литературных данных;

Яхьяева М.М. — редактирование и оформление статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Salzmann MU. Ber eine Abart der Knötchenförmig Hornhautdystrophie. Zeitschrift für Augenheilkunde. 1925;57:92–99 (In German).
- Wang K, See CW. Salzmann's nodular degeneration. *Experimental Eye Research*. 2021;202:108351. doi: 10.1016/j.exer.2020.108351.
- Gupta PK, Drinkwater OJ, VanDusen KW, Brissette AR, Starr CE. Prevalence of ocular surface dysfunction in patients presenting for cataract surgery evaluation. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*. 2018;44(9):1090–1096. doi: 10.1016/j.jcrs.2018.06.026.
- Graue-Hernández EO, Mannis MJ, Eliasieh K, Greasby TA, Beckett LA, Bradley JC, Schwab IR. Salzmann Nodular Degeneration. *Cornea*. 2010;29(3):283–289. doi: 10.1097/ICO.0b013e3181b7658d.
- Katz D, Hartford MD. Salzmann's nodular corneal dystrophy. *Acta Ophthalmol*. 1953;31:377–383.
- Frising M, Pitz S, Olbert D, Kriegsmann J, Lisch W. Is hyaline degeneration of the cornea a precursor of Salzmann's corneal degeneration? *Br J Ophthalmol*. 2003 Jul;87(7):922–923. doi: 10.1136/bjo.87.7.922.
- Труфанов СВ, Рикс ИА, Эзугбая М. Узловая дегенерация Зальцмана. Офтальмология. 2022;19(3):482–488. doi: 10.18008/1816-5095-2022-3-482-488.
- Trufanov SV, Riks IA, Ezugbaya M. Salzmann's nodular degeneration. *Ophthalmology in Russia*. 2022;19(3):482–488 (In Russ.). doi: 10.18008/1816-5095-2022-3-482-488.
- Das S, Link B, Seitz B. Salzmann's nodular degeneration of the cornea: a review and case series. *Cornea*. 2005 Oct;24(7):772–777. doi: 10.1097/01.icc.0000153100.74033.ef.
- Maharana PK, Sharma N, Das S, Agarwal T, Sen S, Prakash G, Vajpayee RB. Salzmann's Nodular Degeneration. *Ocul Surf*. 2016 Jan;14(1):20–30. doi: 10.1016/j.jtos.2015.08.006.
- Graue-Hernández EO, Mannis MJ, Eliasieh K, Greasby TA, Beckett LA, Bradley JC, Schwab IR. Salzmann nodular degeneration. *Cornea*. 2010 Mar;29(3):283–289. doi: 10.1097/ICO.0b013e3181b7658d.
- Farjo AA, Halperin GI, Syed N, Sutphin JE, Wagoner MD. Salzmann's nodular corneal degeneration clinical characteristics and surgical outcomes. *Cornea*. 2006 Jan;25(1):11–15. doi: 10.1097/01.icc.0000167879.88815.6b.
- Marcon AS, Rapuano CJ. Excimer laser phototherapeutic keratectomy retreatment of anterior basement membrane dystrophy and Salzmann's nodular degeneration with topical mitomycin C. *Cornea*. 2002 Nov;21(8):828–830. doi: 10.1097/00003226-200211000-00020.
- Das S, Langenbacher A, Pogorelov P, Link B, Seitz B. Long-term outcome of excimer laser phototherapeutic keratectomy for treatment of Salzmann's nodular degeneration. *J Cataract Refract Surg*. 2005 Jul;31(7):1386–1391. doi: 10.1016/j.jcrs.2004.12.037.
- Nissirios NJ, Barsam A, Nadji E, Donnenfeld ED, Perry HD. Relationship of Bell phenomenon with Salzmann nodular degeneration. *Cornea*. 2013 Jul;32(7):939–942. doi: 10.1097/ICO.0b013e318281722b.
- VanderBeek BL, Silverman RH, Starr CE. Bilateral Salzmann-like nodular corneal degeneration after laser in situ keratomileusis imaged with anterior segment optical coherence tomography and high-frequency ultrasound biomicroscopy. *J Cataract Refract Surg*. 2009 Apr;35(4):785–787. doi: 10.1016/j.jcrs.2008.09.033.
- Moshirfar M, Marx DP, Barsam CA, Mohebbi J, Mamalis N. Salzmann's-like nodular degeneration following laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg*. 2005 Oct;31(10):2021–2025. doi: 10.1016/j.jcrs.2005.03.071. PMID: 16338579.
- Werner LP, Issid K, Werner LP, Poulquien Y, Legeais JM, Renard G. Salzmann's corneal degeneration associated with epithelial basement membrane dystrophy. *Cornea*. 2000 Jan;19(1):121–123. doi: 10.1097/00003226-200001000-00024.
- Roszkowska AM, Azzaro C, Calderone A, Spinella R, Schiano-Lomoriello D, Mennucci R, Wylęgała A. Salzmann Nodular Degeneration in Ocular and Systemic Diseases. *J Clin Med*. 2024 Aug 20;13(16):4900. doi: 10.3390/jcm13164900.
- Kammoun S, Maaloul K, Mkaouer F, Jallouli M, Bahloul Z, Trigui A. A rare association of Salzmann's nodular degeneration of cornea and dermatopathia pigmentosa reticularis. *J Fr Ophtalmol*. 2022 Dec;45(10):e466–e469. doi: 10.1016/j.jfo.2022.05.017.
- Singer AR, Pahl S, Lang HM, Ruprecht KW. Eine familiäre anteriore Hornhautdegeneration: Klinik, Histopathologie und Differentialdiagnose [A familial anterior corneal degeneration: clinical aspects, histopathology and differential diagnosis]. *Klin Monbl Augenheilkd*. 1998 Aug;213(2):104–107 (In German). doi: 10.1055/s-2008-1034955.
- Papanikolaou T, Goel S, Jayamanne DG, Mudhar H, Desai SP. Familial pattern of Salzmann-type nodular corneal degeneration — a four generation series. *Br J Ophthalmol*. 2010 Nov;94(11):1543. doi: 10.1136/bjo.2009.177055.
- Sekeroglu HT, Simsek F, Erdem E, Harbiyeli II, Yagmur M, Ersoz R. Coexistence of ocular cicatricial keratopathy with Stevens Johnson syndrome. *Int J Ophthalmol*. 2013 Jun 18;6(3):411–412. doi: 10.3980/j.issn.2222-3959.2013.03.30.
- Pellegrini M, Bernabei F, Moscardelli F, Vagge A, Scotto R, Bovone C, Scoria V, Giannaccare G. Assessment of Corneal Fluorescein Staining in Different Dry Eye Subtypes Using Digital Image Analysis. *Transl Vis Sci Technol*. 2019 Dec 12;8(6):34. doi: 10.1167/tvst.8.6.34.
- Paranipe V, Galor A, Monslave P, Duboy SR, Karl CL. Salzmann nodular degeneration: prevalence, impact, and management strategies. *Clin Ophthalmol*. 2019 Jul 25;13:1305. doi: 10.2147/OPTH.S166280.
- Bowers PJ, Price MO, Zeldez SS. Superficial keratectomy with mitomycin-C for the treatment of Salzmann's nodules. *J Cataract Refract Surg*. 2003;29:1302–1306.
- Hamada S, Darrad K, McDonnell PJ. Salzmann's nodular corneal degeneration (SNCD): clinical findings, risk factors, prognosis and the role of previous contact lens wear. *Cont Lens Anterior Eye* 2011 Aug;34(4):173–178. doi: 10.1016/j.clae.2011.02.004.
- Hurmeric V, Yoo SH, Karp CL. In vivo morphologic characteristics of Salzmann nodular degeneration with ultra-high-resolution optical coherence tomography. *American Journal of Ophthalmology*. 2011 Feb;151(2):248–256.e2. doi: 10.1016/j.ajo.2010.08.013.
- Hurmeric V, Yoo SH, Galor A, Canto AP, Wang J. Atypical presentation of Salzmann nodular degeneration diagnosed with ultra-high-resolution optical coherence tomography. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging*. 2011 Dec 8;42 Online:e122–e125. doi: 10.3928/15428877-20111201-05.
- Linke S, Kugu C, Richard G, Katz T. An in vivo confocal microscopic analysis of Salzmann's nodular degeneration: pre- and post-surgical intervention. *Acta Ophthalmol*. 2009 Mar;87(2):233–234. doi: 10.1111/j.1755-3768.2008.01243.x.
- Ku JY, Grupcheva CN, McGhee CN. Microstructural analysis of Salzmann's nodular degeneration by in vivo confocal microscopy. *Clin Exp Ophthalmol*. 2002 Oct;30(5):367–368. doi: 10.1046/j.1442-9071.2002.00558.x.
- Oster JG, Steinert RF, Hogan RN. Reduction of hyperopia associated with manual excision of Salzmann's nodular degeneration. *J Refract Surg*. 2001 Jul-Aug;17(4):466–469. doi: 10.3928/1081-597X-20010701-10.
- Hamada S, Darrad K, McDonnell PJ. Salzmann's nodular corneal degeneration (SNCD): clinical findings, risk factors, prognosis and the role of previous contact lens wear. *Cont Lens Anterior Eye*. 2011 Aug;34(4):173–178. doi: 10.1016/j.clae.2011.02.004.
- Roszkowska AM, Colosi P, De Grazia L, Mirabelli E, Romeo G. One year outcome of manual alcohol-assisted removal of Salzmann's nodular degeneration. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2009 Oct;247(10):1431–1434. doi: 10.1007/s00417-009-1154-y.
- Hieda O, Kawasaki S, Yamamura K, Nakatsukasa M, Kinoshita S, Sotozono C. Clinical outcomes and time to recurrence of phototherapeutic keratectomy in Japan. *Medicine*. 2019;98(27):e16216. doi: 10.1097/MD.00000000000016216.
- Маркова ЕЮ, Гаврилова НА. Кросслинкинг роговицы при кератоконусе у детей, оценка эффективности в отдаленном периоде. Клинический случай с катмнезом 5 лет. Офтальмология. 2025;22(3):646–653. doi: 10.18008/1816-5095-2025-3-646-653.
- Markova EYu, Gavrilova NA, Nikitina AE, Petrov AA. Corneal Crosslinking in Keratoconus in Children, Evaluation of Efficiency in the Remote Period. Clinical case with 5-year follow-up. *Ophthalmology in Russia*. 2025;22(3):646–653 (In Russ.). doi: 10.18008/1816-5095-2025-3-646-653.
- Borgia A, Airaldi M, Menassa N, Kaye S, Romano V. Intraoperative optical coherence tomography-assisted superficial keratectomy: A novel surgical technique for Salzmann nodular degeneration. *Eur J Ophthalmol*. 2025 Sep;35(5):1938–1941. doi: 10.1177/11206721251346278.
- Каспарова ЕА, Пур Акбарян Ниаз АМ. Лечение рецидивирующей эрозии роговицы. Вестник офтальмологии. 2009;125(2):54–57.
- Kasparova EA, Pur Akbarian Niaz AM. Treatment of recurrent corneal erosion. *Annales of ophthalmology*. 2009;125(2):54–57.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Маркова Елена Юрьевна
доктор медицинских наук, врач-офтальмолог
<https://orcid.org/0000-0002-4981-0755>

Гаврилова Наталья Александровна
профессор, доктор медицинских наук
<https://orcid.org/0000-0003-0368-296X>

Постольник Анна Алексеевна
аспирант

Дидакунан Натеван Фархад кызы
врач-ординатор II года

Яхьяева Марьяна Магомедсаидовна
врач-ординатор I года

ABOUT THE AUTHORS

Markova Elena Yu.
MD, Professor of the Eye Diseases Department, ophthalmologist of the Highest Category
<https://orcid.org/0000-0002-4981-0755>

Gavrilova Natalya A.
MD, Professor, head of the Department of Eye Diseases
<https://orcid.org/0000-0003-0368-296X>

Postolnik Anna A.
postgraduate

Didakunan Natevan Farhad kzyz
resident doctor II year

Yakhyeva Maryana M.
resident doctor I year

Е.Ю. Маркова, Н.А. Гаврилова, А.А. Постольник, Н.Ф. Дидакунан, М.М. Яхьяева

Случай экссудативной отслойки сетчатки после антиглаукомной операции фистулизирующего типа у пациента с синдромом Стерджа — Вебера



С.Ю. Петров

Т.Н. Киселева

К.А. Рамазанова, А.В. Старостина, О.И. Маркелова

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр глазных болезней им. Гельмгольца»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. Садовая-Черногрозская, 14/19, Москва, 105062, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2026;23(1):163–168

Представлен клинический случай экссудативной отслойки сетчатки после трабекулэктомии при вторичной глаукоме с синдромом Стерджа — Вебера. Пациентка 50 лет с синдромом Стерджа — Вебера обратилась по поводу вторичной глаукомы с повышенным внутриглазным давлением на максимальной медикаментозной гипотензивной терапии, по этим показаниям ей было предложено проведение трабекулэктомии с задней трепанацией склеры. Хирургическое лечение прошло без интраоперационных осложнений. Однако в раннем послеоперационном периоде выявлены плоская отслойка сосудистой оболочки и распространенная отслойка сетчатки с захватом макулярной области. В ходе наблюдения и назначения противовоспалительной и циклоплегической терапии отмечено разрешение экссудативного процесса через 1 месяц после операции. **Заключение.** Несмотря на особенности послеоперационного течения, трабекулэктомия является одним из эффективных способов хирургического лечения вторичной глаукомы при синдроме Стерджа — Вебера.

Ключевые слова: синдром Стерджа — Вебера, вторичная глаукома, хориоидальная гемангиома, экссудативная отслойка сетчатки, отслойка сосудистой оболочки, трабекулэктомия

Для цитирования: Петров С.Ю., Киселева Т.Н., Рамазанова К.А., Старостина А.В., Маркелова О.И. Случай экссудативной отслойки сетчатки после антиглаукомной операции фистулизирующего типа у пациента с синдромом Стерджа — Вебера. *Офтальмология*. 2026;23(1):163–168. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-163-168>

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

Конфликт интересов отсутствует.



A case of Exudative Retinal Detachment after Fistulizing Antiglaucoma Surgery in a Patient with Sturge — Weber Syndrome

S.Yu. Petrov, T.N. Hiseleva, H.A. Ramazanova, A.V. Starostina, O.I. Markelova

Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases
Sadovaya-Chernogryazskaya str., 14/19, Moscow, 105062, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2026;23(1):163–168

A clinical case of exudative retinal detachment after trabeculectomy for secondary glaucoma with Sturge-Weber syndrome is presented. A 50-year-old female patient with Sturge-Weber syndrome sought help for secondary glaucoma with elevated intraocular pressure on maximum drug hypotensive therapy. According to these indications, she was offered trabeculectomy with posterior trepanation of the sclera. Surgical treatment was without intraoperative complications. However, in the early postoperative period flat choroidal detachment and widespread retinal detachment involving the macular region were detected. During observation and prescription of anti-inflammatory and cycloplegic therapy, resolution of the exudative process was noted 1 month after surgery. **Conclusion.** Despite the peculiarities of the postoperative course, trabeculectomy is one of the effective methods of surgical treatment of secondary glaucoma in Sturge-Weber syndrome.

Keywords: Sturge — Weber syndrome, secondary glaucoma, choroidal hemangioma, exudative retinal detachment, choroidal detachment, trabeculectomy

For citation: Petrov S.Yu., Hiseleva T.N., Ramazanova H.A., Starostina A.V., Markelova O.I. A case of Exudative Retinal Detachment after Fistulizing Antiglaucoma Surgery in a Patient with Sturge — Weber Syndrome. *Ophthalmology in Russia*. 2026;23(1):163–168. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-163-168>

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

There is no conflict of interests.

Синдром Стерджа — Вебера — редкое спорадическое врожденное нейрокожное заболевание, которое поражает сосуды мозговых оболочек, капилляры лица и глаз. Данный синдром является одним из факоматозов (наследственно-дегенеративных заболеваний) [1, 2] и характеризуется лептоменингеальной гемангиомой, ангиоматозом кожных покровов в зоне иннервации I и II ветвей тройничного нерва и глазными проявлениями, такими как глаукома и хориоидальная гемангиома. По оценкам, заболеваемость синдромом Стерджа — Вебера составляет до 1 случая на 50 000 младенцев без существенной разницы между полами [3–7]. Было установлено, что соматические мозаичные мутации в гене GNAQ, расположенном на длинном плече хромосомы 9, являются частью генетической основы, приводящей к капиллярным мальформациям [5]. В 70 % случаях синдром проявляется монолатерально, значительно реже, до 30 % случаев, — билатерально.

Хориоидальная гемангиома встречается примерно у 50 % пациентов с синдромом Стерджа — Вебера и может приводить к развитию серозной отслойки сетчатки [8, 9].

Глаукома является наиболее распространенным глазным осложнением при синдроме Стерджа — Вебера, встречающемся до 70 % случаев [10]. Проявления и патогенез глаукомы можно разделить на две основные категории:

1. В раннем детском возрасте патогенез глаукомы связан с пороками развития угла передней камеры, препятствующими оттоку внутриглазной жидкости (ВГЖ) (как при врожденной глаукоме).

2. Во взрослом возрасте патогенез связан с повышенным эписклеральным венозным давлением, возникающим из-за сосудистых аномалий, которые препятствуют оттоку ВГЖ, создавая наибольшее сопротивление в юкстаканаликулярной трабекулярной сети [11, 12].

Медикаментозное лечение глаукомы при синдроме Стерджа — Вебера менее эффективно и не может гарантировать хороший долгосрочный контроль внутриглазного давления (ВГД) [13]. Когда медикаментозное лечение не может остановить прогрессирование глаукомы, необходимо хирургическое вмешательство. В описанном ниже клиническом случае для создания нового пути оттока ВГЖ была предложена антиглаукомная операция фистулизирующего типа — трабекулэктомия.

Цель данного сообщения — представить случай хирургического лечения вторичной глаукомы у пациента с синдромом Стерджа — Вебера методом трабекулэктомии и осложнением в виде экссудативной отслойки сетчатки в послеоперационном периоде.

МЕТОДЫ

Пациентка 1975 г. р. в феврале 2025 г. обратилась в ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца»

С.Ю. Петров, Т.Н. Киселева, К.А. Рамазанова, А.В. Старостина, О.И. Маркелова

Контактная информация: Маркелова Оксана Игоревна levinaoi@mail.ru

Минздрава России с жалобами на снижение зрения, ограничение поля зрения левого глаза.

Анамнез заболевания: синдром Стерджа — Вебера диагностирован с рождения. Операций и лазерных вмешательств на глазах не было. Впервые повышение ВГД отмечено в возрасте 47 лет в 2022 г. по месту жительства (OD/OS — 29/31 мм рт. ст.) при обращении к офтальмологу с жалобами на транзиторную потерю зрения (на несколько секунд) левого глаза. Был поставлен диагноз «OU — вторичная некомпенсированная глаукома, синдром Стерджа — Вебера», назначен гипотензивный режим для обоих глаз (бринзоламид 1 % + тимолол 0,5 % — 2 раза в день, бримонидин 0,15 % — 3 раза в день, тафлупрост 0,0015 % — 1 раз на ночь). В 2025 г. на левом глазу отмечено повышение ВГД на указанном медикаментозном режиме, в связи с этим пациентка была направлена на консультацию в ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России.

Проведенное в НМИЦ офтальмологическое обследование включало визометрию, пневмотонометрию, периметрию, биомикроскопию, офтальмоскопию, гониоскопию и ультразвуковое исследование сред и оболочек глаза (УЗИ).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Данные визометрии при первичном офтальмологическом осмотре: OD = 0,05 sph -3,5 дптр сy1 -0,5 дптр ax 82 = 0,7; OS = 0,8 н/к. Данные пневмотонометрии: OD = 19,0 мм рт. ст, OS = 25,0 мм рт. ст.

Status oculorum OS — положение глаза правильное, движения глаза в полном объеме, конвергенция сохранена. Данные биомикроскопии: конъюнктив веки и глазного яблока выражено гиперемирована, склера не изменена, склеральные сосуды извиты в верхнем и нижне-наружном квадрантах. Роговица гладкая, блестящая, прозрачная, передняя камера средней глубины, равномерная, влага прозрачная. Радужка структурная, пигментная кайма сохранена. Зрачок круглый, 3,0 мм, реакция на свет сохранена. Факосклероз хрусталика. Нитчатая деструкция стекловидного тела. Данные офтальмоскопии: диск зрительного нерва бледный, границы четкие, экскавация диска 0,8, сосудистый пучок смещен в носовую сторону, ход и калибр сосудов не изменены, макулярная зона и периферия глазного дна без очаговой патологии.

OD — положение глаза правильное, движения глаза в полном объеме, конвергенция сохранена. Данные биомикроскопии: конъюнктив веки и глазного яблока бледно-розовая, склера не изменена. Роговица гладкая, блестящая, прозрачная, передняя камера средней глубины, равномерная, влага прозрачная. Радужка

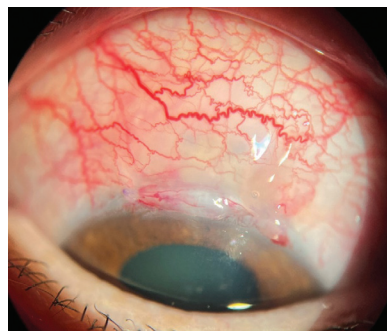


Рис. 1. Биомикроскопия левого глаза на первые сутки после операции

Fig. 1. Biomicroscopy of the left eye on the first day after surgery

структурная, пигментная кайма сохранена. Зрачок круглый, 3,0 мм, реакция на свет сохранена. Факосклероз хрусталика. Нитчатая деструкция стекловидного тела. Данные офтальмоскопии: диск зрительного нерва бледно-розовый, границы четкие, экскавация диска 0,7, сосудистый пучок в центре, ход и калибр сосудов не изменены, макулярная зона и периферия глазного дна без очаговой патологии.

Гониоскопия OU: УПК открыт, средней ширины, умеренно пигментирован, множественные волокна гребенчатой связки, новообразованных сосудов не выявлено.

Периметрия OS: концентрическое сужение поля зрения на 10–15 градусов.

OD: концентрическое сужение поля зрения на 5–10 градусов.

Данные УЗИ OU: плавающие помутнения в стекловидном теле, сетчатка и сосудистая оболочка прилежат.

Диагноз OS: H40.5 — вторичная некомпенсированная глаукома, синдром Стерджа — Вебера. OD: вторичная компенсированная глаукома, синдром Стерджа — Вебера. Миопия средней степени. Амблиопия слабой степени. OU: анизометропия.

В апреле 2025 г. произведена антиглаукомная операция — трабекулэктомия с задней трепанацией склеры (ЗТС) на OS. Операция прошла без интраоперационных осложнений.

На следующее утро после операции при биомикроскопии левого глаза: глаз умеренно раздражен, швы в зоне лимба и ЗТС состоятельны, отделяемого нет. Фильтрационная подушка на 12:00 разлитая (рис. 1). Роговица прозрачная, передняя камера средней глубины, равномерная, влага прозрачная. Радужка структурная, пигментная кайма сохранена. Зрачок круглый, 5,0 мм, медикаментозный мидриаз. Факосклероз хрусталика. Нитчатая деструкция стекловидного тела. Данные офтальмоскопии: диск зрительного нерва бледный, границы четкие, экскавация диска 0,8, сосудистый пучок смещен в носовую сторону, ход и калибр сосудов не изменены, макулярная зона без очаговой патологии, на периферии в нижнем отделе плоская отслойка сосудистой оболочки. ВГД левого глаза 13 мм рт. ст. без использования гипотензивных капель.

Назначена консервативная терапия: инстилляций циклоплегических препаратов, местная и системная противовоспалительная стероидная терапия, местное антибактериальное лечение.

При осмотре на следующие сутки: по данным биомикроскопии — без отрицательной динамики, ВГД — 14 мм рт. ст. без использования гипотензивных капель. По данным офтальмоскопии выявлена экссудативная отслойка сетчатки в заднем полюсе и на периферии

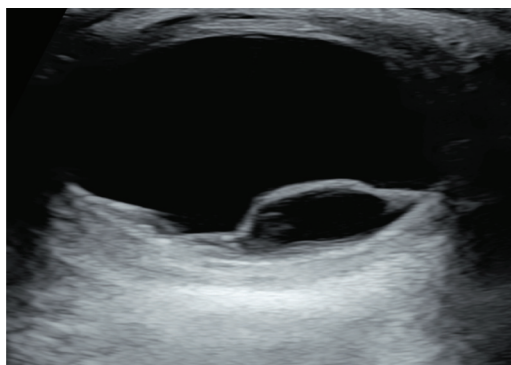


Рис. 2. Ультразвуковое исследование левого глаза на вторые сутки после операции

Fig. 2. Ultrasound examination of the left eye on the second day after surgery

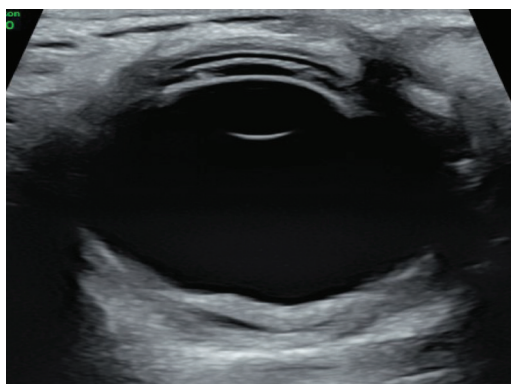


Рис. 4. Ультразвуковое исследование левого глаза на 11-е сутки после операции

Fig. 4. Ultrasound examination of the left eye on the eleventh day after surgery

в нижнем отделе. По данным ультразвукового исследования отмечен отек внутренних оболочек глаза, плоская отслойка сосудистой оболочки в нижнем отделе и распространенная отслойка сетчатки с захватом макулярной зоны (МЗ) (рис. 2). На ОКТ левого глаза видна отслойка нейроэпителлия в МЗ (рис. 3).

Проведено дополнительное консервативное лечение: местная и системная глюкокортикостероидная терапия, системное применение диуретиков.

После лечения на 11-е сутки после операции на УЗИ и ОКТ выявлено уменьшение высоты экссудативной отслойки сетчатки (рис. 4, 5). ВГД было компенсировано — 12 мм рт. ст. без использования гипотензивного режима. Пациентка выписана в удовлетворительном состоянии под амбулаторное наблюдение.

На 21-е сутки после операции на ОКТ выявлено полное прилегание сетчатки во всех секторах (рис. 6). По данным визометрии: левый глаз = 0,7 н/к, ВГД — 16 мм рт. ст.

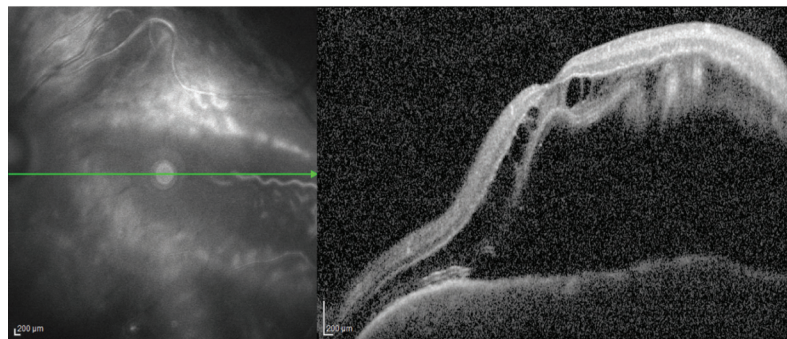
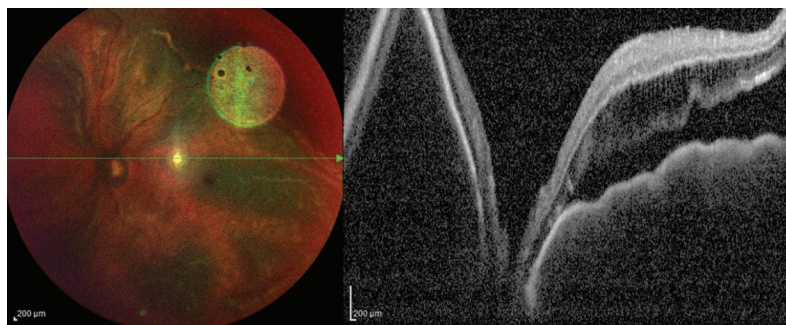


Рис. 3. Оптическая когерентная томография левого глаза на вторые сутки после операции

Fig. 3. Optical coherence tomography of the left eye on the second day after surgery

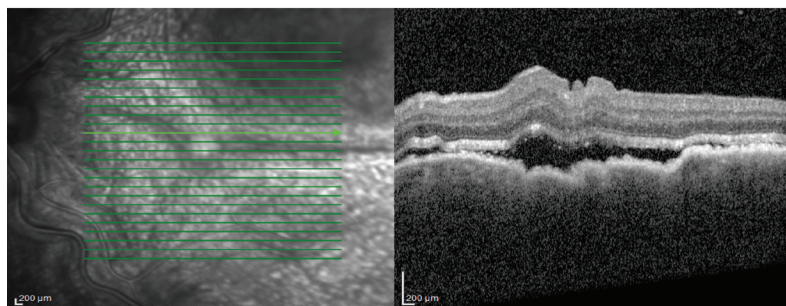
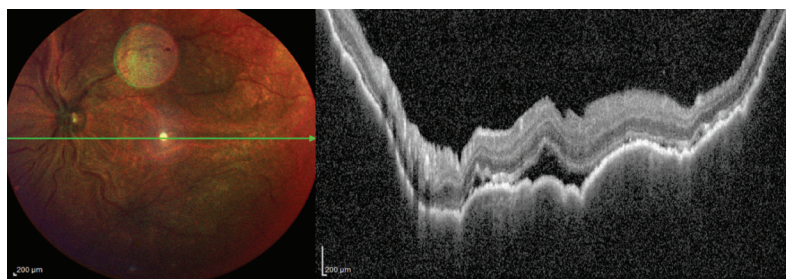


Рис. 5. Оптическая когерентная томография левого глаза на 11-е сутки после операции

Fig. 5. Optical coherence tomography of the left eye on the eleventh day after surgery

без гипотензивного режима. Status oculorum OS: глаз умеренно раздражен, швы в зоне лимба и ЗТС в стадии рассасывания, отделяемого нет. Фильтрационная подушка на 12:00 — разлитая (рис. 7). Роговица прозрачная, передняя камера средней глубины, равномерная, влага прозрачная. Радужка структурная, пигментная кайма сохранена.

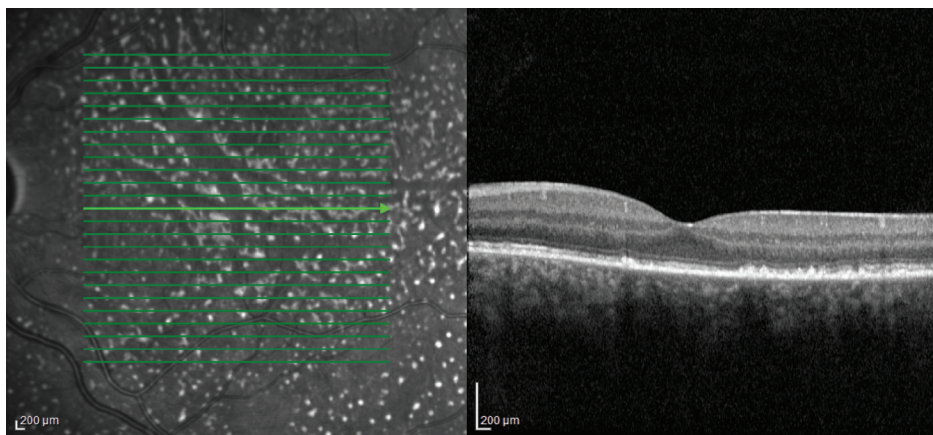


Рис. 6. Оптическая когерентная томография левого глаза на 21-е сутки после операции

Fig. 6. Optical coherence tomography of the left eye on the twenty-first day after surgery

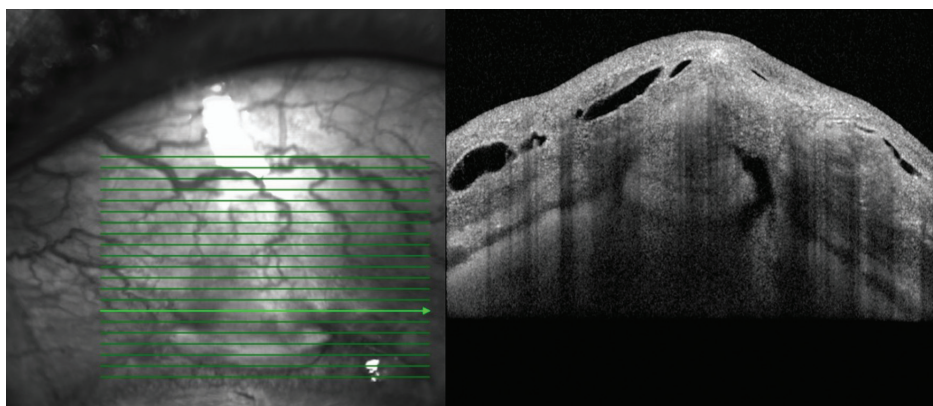


Рис. 7. Биомикроскопия и оптическая когерентная томография зоны операции левого глаза на 21-е сутки после операции

Fig. 7. Biomicroscopy and optical coherence tomography of the surgical area of the left eye on the twenty-first day after surgery

Зрачок круглый, 5,0 мм, медикаментозный мидриаз. Факосклероз хрусталика. Нитчатая деструкция стекловидного тела. Данные офтальмоскопии: диск зрительного нерва бледный, границы четкие, экскавация диска 0,8, сосудистый пучок смещен в носовую сторону, ход и калибр сосудов не изменен, макулярная зона и периферические отделы без очаговой патологии. ВГД левого глаза — 13 мм рт. ст. без использования гипотензивных капель.

За пациенткой продолжается наблюдение по месту жительства.

ОБСУЖДЕНИЕ

Вторичная глаукома при синдроме Стерджа — Вебера является сложным для курации заболеванием. Медикаментозная терапия обычно не позволяет достичь долгосрочного контроля ВГД, поэтому зачастую для предотвращения потери зрения требуется хирургическое вмешательство. Согласно представленным в литературе данным, у пациентов с синдромом Стерджа — Вебера имеется высокий риск развития осложнений

в послеоперационном периоде. Iwash и соавт. отметили хориоидальный выпот в 24 % случаев. Ali и соавт. сообщили о благоприятном исходе трабекулэктомии у 6 пациентов с далекозашедшей глаукомой за период наблюдения от 9 месяцев до 9 лет. Тем не менее 4 пациентам потребовалось дополнительное медикаментозное лечение, а 1 пациенту была выполнена повторная операция [14, 15]. А.И. Шиловым и соавт. описан клинический случай развития отслойки сосудистой оболочки совместно с экссудативной отслойкой сетчатки у ребенка в результате антиглаукомного вмешательства по поводу декомпенсированной глаукомы [9].

В представленном нами клиническом случае удалось достичь компенсации ВГД, однако в послеоперационном периоде возникли характерные для данного заболевания осложнения, которые потребовали последующей дополнительной консервативной терапии. Учитывая частоту экссудативных осложнений, необходимо с профилактической целью в послеопераци-

онном периоде проводить лечение глюкокортикостероидными препаратами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представлен клинический случай экссудативной отслойки сетчатки после антиглаукомной операции фистулизирующего типа у пациента с синдромом Стерджа — Вебера. В ходе наблюдения за пациентом отмечено разрешение экссудативного процесса через 1 месяц после операции. Отмечена эффективность хирургического лечения вторичной глаукомы, несмотря на особенности послеоперационного периода.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Петров С.Ю. — концепция и дизайн исследования, обработка и интерпретация данных, написание статьи;
Киселева Т.Н. — концепция и дизайн исследования, обработка и интерпретация данных, написание статьи;
Рамазанова К.А. — концепция и дизайн исследования, обработка и интерпретация данных, написание статьи;
Старостина А.В. — концепция и дизайн исследования, обработка и интерпретация данных, написание статьи;
Маркелова О.И. — выполнение хирургической операции.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Давлетшина ЛМ, Загидуллина АШ, Батыршин РА. Офтальмологические проявления синдрома Стерджа-Вебера. Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. 2023;18(4):80–81. doi: 10.25881/20728255_2023_18_4_S1_80.
Davletshina LM, Zagidullina ASH, Batyrshin RA. Ophthalmological manifestations of Sturge-Weber syndrome. Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center. 2023;18(4):80–81 (In Russ.). doi: 10.25881/20728255_2023_18_4_S1_80.
2. Савранова ТН, Розукулов ВУ, Юсупов АФ, Асадов ДА, Саиджонов СС. Клинический случай хирургического лечения глаукомы с активизацией фильтрационной подушки у пациента с синдромом Стерджа-Вебера. Российский офтальмологический журнал. 2022;15(3):128–135. doi: 10.21516/2072-0076-2022-15-3-128-135.
Savranova TN, Rozukulov VU, Yusupov AF, Asadov DA, Saidzhonov SS. Surgical treatment of glaucoma with filtration bleb activation of a patient with Sturge-Weber syndrome: a clinical case. Russian Ophthalmological Journal. 2022;15(3):128–135 (In Russ.). doi: 10.21516/2072-0076-2022-15-3-128-135.
3. Comi AM. Update on Sturge-Weber syndrome: diagnosis, treatment, quantitative measures, and controversies. Lymphat Res Biol. 2007;5(4):257–264. doi: 10.1089/lrb.2007.1016.
4. Гаджиева НМ. Синдром Стерджа-Вебера (клинический случай). Азербайджанский Офтальмологический Журнал. 2024;50(3):44–46.
Gadzhieva NM. Sturge-Weber syndrome (clinical case). Azerbaijan Ophthalmological Journal. 2024;50(3):44–46 (In Russ./Azer.).
5. Shirley MD, Tang H, Gallione CJ, Baugher JD. Sturge-Weber syndrome and port-wine stains caused by somatic mutation in GNAQ. N Engl J Med. 2013;368(21):1971–1979. doi: 10.1056/NEJMoa1213507.
6. Almobarak FA, Alobaidan AS, Alobrah MA. Outcomes of Deep Sclerectomy for Glaucoma Secondary to Sturge-Weber Syndrome. J Clin Med. 2023;12(2):516. doi: 10.3390/jcm12020516.
7. Старостина АВ, Клепинина ОБ, Сидорова АВ, Хабазова МР, Арисов АА, Стефанкова КА. Особенности послеоперационного периода при хирургии глаукомы у пациента с синдромом Стерджа-Вебера. Национальный журнал глаукома. 2022;21(3):32–41. doi: 10.53432/2078-4104-2022-21-3-32-40.
Starostina AV, Sidorova AV, Klepinina OB, Khabazova MR, Arisov AA, Stefan-kova KA. Features of the postoperative period after glaucoma surgery in a patient with Sturge-Weber syndrome (clinical case). Natsional'nyi zhurnal glaukoma. 2022;21(3):32–40 (In Russ.). doi: 10.53432/2078-4104-2022-21-3-32-40.
8. Barbosa GCS, Susanna BN, Okuno RK, Junior RS. Serous Retinal Detachment Resolution following Trabeculectomy in a Patient with Sturge-Weber Syndrome. J Curr Ophthalmol. 2021;33(2):209–211. doi: 10.4103/joco.joco_176_20.
9. Шилов АИ, Правосудова ММ, Шефер КК. Клинический случай отслойки сосудистой оболочки по типу хориоидальной эффузии у ребёнка с синдромом Стерджа-Вебера-Краббе. Российская педиатрическая офтальмология. 2022;17(3):31–37. doi: 10.17816/rpoj108984.
Shilov AI, Pravosudova MM, Shefer KK. A clinical case of choroidal detachment as choroidal effusion in a child with Sturge-Weber-Crabbe syndrome. Russian Pediatric Ophthalmology. 2022;17(3):31–37 (In Russ.). doi: 10.17816/rpoj108984.
10. Hassanpour K, Nourinia R, Gerami E, Mahmoudi G, Esfandiari H. Ocular Manifestations of the Sturge-Weber Syndrome. J Ophthalmic Vis Res. 2021;16(3):415–431. doi: 10.18502/jovr.v16i3.9438.
11. Sullivan TJ, Clarke MP, Morin JD. The ocular manifestations of the Sturge-Weber syndrome. J Pediatr Ophthalmol Strabismus. 1992;29(6):349–356. doi: 10.3928/0191-3913-19921101-05.
12. Cibis GW, Tripathi RC, Tripathi BJ. Glaucoma in Sturge-Weber syndrome. Ophthalmology. 1984;91(9):1061–1071. doi: 10.1016/s0161-6420(84)34194-x.
13. Basler L, Sowka J. Sturge-Weber syndrome and glaucoma. Optometry. 2011;82(5):306–309. doi: 10.1016/j.optm.2010.11.015.
14. Iwach AG, Hoskins HD Jr., Hetherington J Jr., Shaffer RN. Analysis of surgical and medical management of glaucoma in Sturge-Weber syndrome. Ophthalmology. 1990;97(7):904–909. doi: 10.1016/s0161-6420(90)32483-1.
15. Ali MA, Fahmy IA, Spaeth GL. Trabeculectomy for glaucoma associated with Sturge-Weber syndrome. Ophthalmic Surg. 1990;21(5):352–325.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Петров Сергей Юрьевич
доктор медицинских наук, начальник отдела глаукомы
<https://orcid.org/0000-0001-6922-0464>

Киселева Татьяна Николаевна
доктор медицинских наук, профессор, руководитель отдела
ультразвуковых исследований
<https://orcid.org/0000-0002-9185-6407>

Рамазанова Камилла Ахмедовна
кандидат медицинских наук, заведующая отделением
ультразвуковой диагностики
<https://orcid.org/0000-0002-2635-4291>

Старостина Анна Владимировна
кандидат медицинских наук, научный сотрудник отдела глаукомы
<https://orcid.org/0000-0002-4496-0703>

Маркелова Оксана Игоревна
младший научный сотрудник отдела глаукомы
<https://orcid.org/0000-0002-8090-6034>

ABOUT THE AUTHORS

Petrov Sergey Yu.
MD, head of Glaucoma Department
<https://orcid.org/0000-0001-6922-0464>

Kiseleva Tatiana N.
MD, Professor, head of Ultrasound Research Department
<https://orcid.org/0000-0002-9185-6407>

Ramazanova Kamilla A.
PhD, ophthalmologist, Ultrasound Research Department
<https://orcid.org/0000-0002-2635-4291>

Starostina Anna V.
PhD, researcher of Glaucoma Department
<https://orcid.org/0000-0002-4496-0703>

Markelova Oksana I.
junior researcher of Glaucoma Department
<https://orcid.org/0000-0002-8090-6034>

Возможности ретинопротекторной терапии: серия клинических примеров

С.В. Янченко¹И.И. Абдурахмонова¹А.В. Малышев^{2,3}
С.С. Давлатов¹Е.Н. Хаирова⁴Ш.Ж. Тешаев¹

¹ Бухарский государственный медицинский институт им. Абу Али ибн Сино
ул. Гиджуванская, 10, Бухара, 200126, Республика Узбекистан

² ГБУЗ «Научно-исследовательский институт — Краевая клиническая больница № 1
им. профессора С.В. Очаповского»
ул. Первого Мая, 167, Краснодар, 350000, Российская Федерация

³ ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»
ул. Первомайская, 191, Майкоп, 385000, Республика Адыгея, Российская Федерация

⁴ ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет», Медицинский институт непрерывного образования
Волоколамское шоссе, 11, Москва, 125080, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2026;23(1):169-177

В статье представлена серия клинических примеров проведения ретинопротекторной терапии (РПТ) путем использования комплекса водорастворимых полипептидных фракций сетчатки (ПФС). Первый пример: пациентка с непролиферативной диабетической ретинопатией (НДРП) и кистозным макулярным отеком после первого года анти-VEGF терапии и отсроченной лазеркоагуляции сетчатки (ЛКС), у которой было отмечено купирование ретинального отека в фовеа, снижение его интенсивности в пара- и перифовеа, повышение максимальной корригированной остроты зрения (МКОЗ) с 0,03 до 0,20 и отклонение периметрических индексов MD (-12,86 dB) и PSD (7,99 dB) относительно значений нормы. В течение второго года анти-VEGF терапии пациентка получила 3 курса РПТ. Через 1 месяц после 3-го курса РПТ у нее было зафиксировано повышение МКОЗ до 0,3, нормализация MD (-1,65 dB) и снижение PSD (4,96 dB). Второй пример: пациент с пролиферативной диабетической ретинопатией (ПДРП) после субтотальной витрэктомии 25G с эндо-ЛКС и эндотампонадой силиновым маслом (СМ), у которого через 1 месяц после операции отмечено отклонение MD (-8,04 dB) и PSD (4,61 dB). Через 1 месяц после РПТ у пациента зафиксированы стабилизация МКОЗ (0,3), улучшение MD (-5,43 dB) и стабилизация PSD (4,61 dB). Третий пример: пациентка, у которой через 1 месяц после ревизии витреальной полости с эндотампонадой перфторорганическим соединением (ПФОС) с эндо-ЛКС и заменой ПФОС на СМ, проведенных в связи с рецидивом регматогенной отслойки сетчатки после не прямой контузии глазного яблока, определялись низкая МКОЗ (0,08), отклонение MD (-14,15 dB) и PSD (7,86 dB) относительно нормы. Через 1 месяц после РПТ у пациентки было отмечено повышение МКОЗ до 0,2, снижение MD (-9,38 dB), стабилизация PSD (7,54 dB). Все пациенты отмечали улучшение качества зрения после РПТ. Представленные клинические примеры, а также многолетний опыт эффективного и безопасного применения комплекса водорастворимых полипептидных фракций сетчатки у пациентов с ретинальной патологией позволяют рекомендовать проведение РПТ после ЛКС и витрэктомии у пациентов с ДР и отслойкой сетчатки.

Ключевые слова: диабетическая ретинопатия, отслойка сетчатки, лазеркоагуляция, ретинопротекция, ретиналамин

Для цитирования: Янченко С.В., Абдурахмонова И.И., Малышев А.В., Хаирова Е.Н., Тешаев Ш.Ж., Давлатов С.С. Возможности ретинопротекторной терапии: серия клинических примеров. *Офтальмология*. 2026;23(1):169-177. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-169-177>

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

Конфликт интересов отсутствует.



Retinoprotective Therapy Possibilities: A Cases Series

S.V. Yanchenko¹, I.I. Abdurakhmonova¹, A.V. Malyshev^{2,3}, E.N. Khairova⁴, Sh.Zh. Teshaeв¹, S.S. Davlatov¹

¹ Bukhara State Medical Institute named after Abu Ali ibn Sino
Gijuvanskaya str., 10, Bukhara, 200100, Uzbekistan

² Scientific Research Institution — S.V. Ochapovsky Regional Clinic Hospital No. 1
1st May str., 167, Krasnodar, 350000, Russian Federation

³ Maykop State Technological University
Pervomayskaya str., 191, Maykop, 385000, Adygea Republic, Russian Federation

⁴ Russian Biotechnological University, Medical Institute of Continuous Education
Volokolamskoe highway, 11, Moscow, 125080, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2026;23(1):169–177

The article presents a cases series of retinoprotective therapy (RPT) using the water-soluble retinal polypeptide fractions (RPF). The 1st case: the nonproliferative diabetic retinopathy (DR) and cystoid macular edema patient after the 1st year of anti-VEGF therapy and retinal laser coagulation (RLC), which resulted in foveal retinal edema relief, a decrease in its intensity in the para- and perifovea, an increase of the best-corrected visual acuity (BCVA) from 0.03 up to 0.2, and the perimetric indices deviations (MD -12.86 dB; PSD 7.99 dB) relative to normal values. Three courses of RPT were administrated during the 2nd year of anti-VEGF therapy. BCVA increase (up to 0.3), MD normalization (-1.65 dB) and PSD decrease (4.96 dB) were noted 1-month after the 3rd course of RPT. The 2nd case: the proliferative DR patient after subtotal 25-G vitrectomy, endo-RLC and silicone oil (SO) tamponade. MD (-8.04 dB) and PSD (4.61 dB) deviations were recorded 1-month after surgery. BCVA stabilization (0.3), MD improvement (-5.43 dB), PSD stabilization (4.61 dB) were noted 1-month after RPT. The 3rd case: the patient with low BCVA (0.08), MD (-14.15 dB) and PSD (7.86 dB) deviations 1-month after vitreous cavity revision with perfluorocarbon (PF) tamponade, endo-RLC and PF replacement with SO due to recurrent retinal detachment after the indirect non-open globe blunt injury. BCVA improved (0.2), MD decreased (-9.38 dB), and PSD stabilized (7.54 dB) one month after RPT. All patients noted improved quality of vision after RPT. The presented clinical cases, as well as many years of experience with the effective and safe use of RPF in patients with retinal pathology, provide grounds for recommending RPT after RLC and vitrectomy in patients with DR and retinal detachment.

Keywords: diabetic retinopathy, retinal detachment, laser coagulation, retinoprotection, retinalamin

For citation: Yanchenko S.V., Abdurakhmonova I.I., Malyshev A.V., Khairova E.N., Teshaeв Sh.Zh., Davlatov S.S. Retinoprotective Therapy Possibilities: A Cases Series. *Ophthalmology in Russia*. 2026;23(1):169–177. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-169-177>

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

There is no conflict of interests.

ВВЕДЕНИЕ

В офтальмологии под термином «ретинопротекция» и/или «нейропротекция» понимают «...защиту нейронов сетчатки и нервных волокон зрительного нерва (аксонов ганглиозных клеток) от повреждающего действия различных факторов, а также нормализацию нейронально-глиального взаимодействия и стимуляцию клеток макроглии для защиты нейронов от токсических проявлений глутамата и прочих патологических агентов» [1]. Перспективным подходом к проведению ретинопротекторной терапии (РПТ) является использование препаратов пептидной природы (пептидных биорегуляторов, или цитомединов). В настоящее время терапевтические пептиды рассматриваются как особое семейство фармакологических веществ, полученных из тканей животных и синтетическим путем, которые по своей молекулярной массе занимают промежуточное положение между малыми молекулами и белками, что наделяет их рядом неоспоримых преимуществ по сравнению с традиционными низкомолекулярными фармацевтическими

препаратами. Пептиды обладают высокой селективностью и специфичностью, имеют в своем составе от 10 до 50 аминокислотных остатков и малую молекулярную массу, что позволяет им проникать в ткани глубже, специфически связываясь с рецепторами клеток. Кроме того, они оказывают меньше побочных эффектов, поскольку менее иммуногенны, чем терапевтические белки и антитела, редко накапливаются в тканях из-за короткого периода полураспада, а продуктами их распада в организме являются аминокислоты, что также снижает вероятность системной токсичности [2–8]. Терапевтические пептиды могут действовать как нейромедиаторы, гормоны, факторы роста или лиганды ионных каналов. Они представляют собой внутренние сигнальные молекулы, которые связываются со специфическими рецепторами на поверхности клеток или с ионными каналами, запуская каскады внутриклеточных реакций, регулирующих физиологические функции клеток в составе тканей, органов и систем организма [3–7]. Необходимо отметить, что препараты пептидной природы обладают тканеспецифичностью, позволяющей оказывать

лечебные эффекты на уровне определенных тканей, высокой эффективностью, низкой токсичностью и хорошим «профилем безопасности» [2–8].

В Российской Федерации для проведения РПТ в офтальмологии был разработан и успешно применяется препарат на основе комплекса водорастворимых полипептидных фракций с молекулярной массой $\leq 10\,000$ Да, выделенных из сетчатки крупного рогатого скота методом кислотной экстракции (Ретиналамин) [9–24]. В настоящее время можно считать доказанными следующие механизмы лечебного воздействия препарата: ангиопротекцию (нормализация реологических свойств крови, проницаемости сосудистой стенки и состояния микроциркуляции в условиях ишемии сетчатки), ретинопротекцию (стимулирующее воздействие на нейроэпителий и глиальные клетки сетчатки, улучшение функционального взаимодействия пигментного эпителия и наружных сегментов фоторецепторов, стимуляция репаративных процессов, снижение глутаматной нейротоксичности за счет взаимодействия с AMPA, NMDA и mGluR1 рецепторами ганглиозных клеток), уменьшение проявлений местной воспалительной реакции [5, 9, 10, 15, 20, 24]. Изучение биораспределения радиоактивно меченного Ретиналамина в тканях органов лабораторных животных *in vivo* продемонстрировало эффективность как парабальбарного, так и внутримышечного способов введения препарата, а именно: его высокую биодоступность для тканей глаза и головного мозга уже через 30 минут после введения, а также способность сохраняться в указанных тканях до 6 часов [5]. Важно отметить, что для внутримышечного способа введения было доказано наиболее выраженное накопление препарата в глазном яблоке и менее интенсивное выведение из него при сравнении с содержанием препарата в крови [5].

В клинической практике Ретиналамин с целью ретинопротективного воздействия применяют при широком спектре заболеваний сетчатки и зрительного нерва: глаукоме с достигнутым целевым давлением, центральной и периферической абiotрофии сетчатки, вторичных дистрофиях сетчатки, миопии, сухой форме возрастной макулярной дегенерации, диабетической ретинопатии (в том числе в составе комбинированного лечения, включающего лазеркоагуляцию сетчатки), а также у пациентов после оперативного лечения отслойки сетчатки (эписклеральные вмешательства и витрэктомия) [9, 11–14, 16–19, 21–24]. Описаны следующие лечебные эффекты клинического применения препарата: повышение или стабилизация остроты зрения и контрастной чувствительности; улучшение качества жизни (опросник VFQ-25); стабилизация или улучшение периферического зрения, включая увеличение светочувствительности сетчатки; улучшение электрофизиологических показателей (по результатам электроретинографии), нормализация микроциркуляции сетчатки и зрительного нерва (по данным ультразвукового триплексного сканирования) [9, 11–14, 16–19, 21–24]. Способы применения

препарата включают парабальбарное и внутримышечное введение в дозировке 5 мг (лиофилизат растворяют в 1–2 мл воды для инъекций) 1 раз в сутки, короткими курсами в течение 10 дней, при этом повторные курсы (через 3–6 месяцев) обладают потенцирующим эффектом, повышая эффективность РПТ [12, 18, 19, 21, 22].

В статье представлена серия клинических примеров включения ретинопротекторной терапии в состав комплексного лечебного воздействия: 1) у пациентки с непролиферативной диабетической ретинопатией (ДРП) и кистозным макулярным отеком (КМО) в дополнение к анти-VEGF терапии и лазеркоагуляции сетчатки (ЛКС); 2) у пациента с пролиферативной ДРП через один месяц после проведения витрэктомии с эндо-ЛКС и эндотампонадой силиконовым маслом (СМ); 3) у пациентки через один месяц после выполнения ревизии витреальной полости с эндотампонадой перфторорганическим соединением (ПФОС), эндо-ЛКС и заменой ПФОС на СМ, проведенных в связи с рецидивом тракционной отслойки сетчатки вследствие не прямой тупой травмы глазного яблока (2023–2025). Для оценки эффективности комплексного лечения, включавшего РПТ, проводили определение максимальной корригированной остроты зрения (МКОЗ); кераторефрактометрию, тонометрию, офтальмоскопию с фоторегистрацией (Nidek); статическую автоматизированную периметрию (САП; протокол 22° или 30°, стратегия «быстрая пороговая»; Optos) с определением среднего отклонения светочувствительности (индекс MD, dB) и отклонения паттерна (индекс PSD, dB); оптическую когерентную томографию (OptoVue).

КЛИНИЧЕСКИЙ ПРИМЕР 1

Ретинопротекторная терапия в составе комплексного лечения непролиферативной диабетической ретинопатии в дополнение к анти-VEGF терапии и ЛКС

Пациентка Р., 60 лет, диагноз: непролиферативная ДРП OU, кистозный макулярный отек OS, сахарный диабет 2-го типа (субкомпенсированный).

При первичном обращении: МКОЗ OS 0,03; офтальмоскопически клинически значимый кистозный макулярный отек OS; при ОКТ-сканировании толщина сетчатки в зоне фовеа — 615 мкм, в верхнем секторе парафовеа — 587 мкм, нижнем — 599 мкм, темпоральном — 663 мкм, назальном — 470 мкм, в верхнем секторе перифовеа — 590 мкм, нижнем — 597 мкм, темпоральном — 663 мкм, назальном — 366 мкм, в зоне фовеа определяются участки разрушения наружных и внутренних сегментов фоторецепторов, а также изменения пигментного эпителия сетчатки (рис. 1А).

В течение первого года комплексного лечения пациентка получила 3 интравитреальные инъекции (ИВИ) 0,5 мг ранибизумаба; 5 ИВИ 2,0 мг афлиберцепта; отсроченную ЛКС (после частичного купирования ретинального отека), преимущественно в височном секторе,

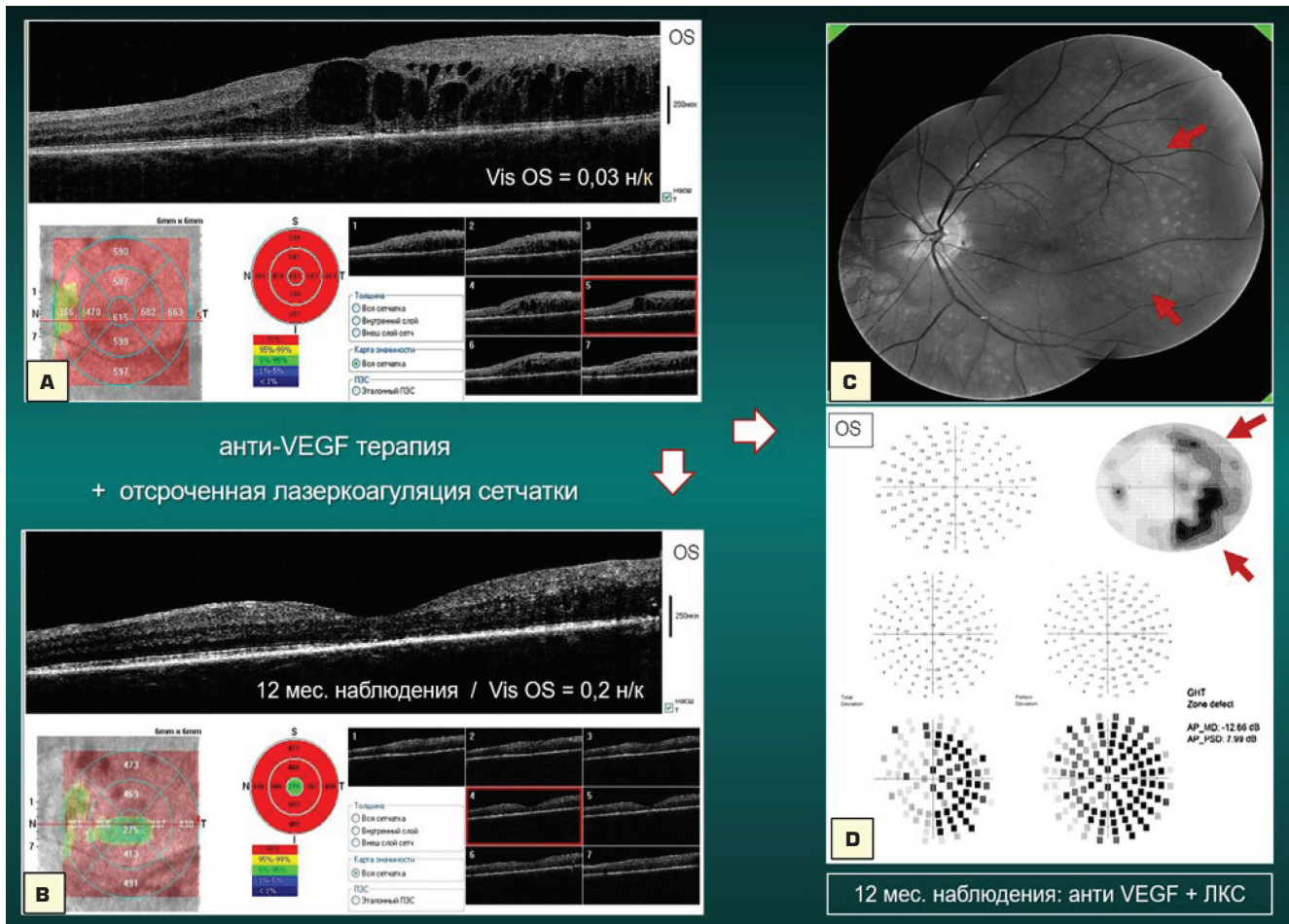


Рис. 1. Динамика ретинального отека по данным ОНТ в результате первого года комплексного лечения у пациентки с НДРП (А, В), состояние глазного дна к 12 месяцу наблюдения (С), результаты статической автоматизированной периметрии в конце первого года комплексного лечения (D)

Fig. 1. Retinal edema dynamics in the patient with non-proliferative DR (OCT data) as a result of the 1st year of complex treatment (A, B), funduscopy at 12 months of observation (C), static automated perimetry results at the end of the 1st year of complex treatment (D)

учитывая максимальную выраженность отека (рис. 1С). Через 12 месяцев терапии отмечено повышение МКОЗ до 0,2; купирование ретинального отека в зоне фовеа до 275 мкм; снижение интенсивности ретинального отека в зоне парафовеа на 100–300 мкм и перифовеа на 10–100–200 мкм, больше в височных секторах (рис. 1В). При проведении САП было выявлено значительное снижение средней светочувствительности сетчатки MD (-12,86 dB) и отклонение паттерна (7,99 dB) относительно значений нормы. Обращает на себя внимание крайне выраженное снижение светочувствительности в назальной части поля зрения и особенно в ниже-назальном секторе («zone defect» по результатам ГНТ), что соответствует зоне максимальной выраженности ретинального отека при первичном обращении (темпоральные сектора сетчатки), а также в зоне проведения ЛКС (рис. 1С, D).

В течение второго года терапии (к 20-му месяцу наблюдения) было проведено 3 ИВИ 2,0 мг афлиберцепта. Дополнительно к этому пациентка получала РПТ: 5 мг

Ретиналамина, № 10, внутримышечно, 3 курса, каждые три месяца. К концу 20-го месяца наблюдения (через 1 месяц после третьего курса РПТ) у пациентки отмечено: повышение МКОЗ до 0,3; стабилизация толщины сетчатки в зоне фовеа (235 мкм); дальнейшее снижение интенсивности отека в зонах пара- и перифовеа с достижением субнормальных значений в назальном секторе парафовеа; нормализация периметрического индекса MD до -1,65 dB и снижение индекса PSD до 4,96 dB (рис. 2). Необходимо отметить значительное восстановление светочувствительности в назальных квадрантах поля зрения («по zone defects» по результатам ГНТ). Таким образом, к концу 20-го месяца комплексного лечения, включавшего РПТ, у пациентки с непролиферативной ДР и КМО были достигнуты: повышение МКОЗ, резорбция ретинального отека в фовеа и снижение его интенсивности в парафовеальной и перифовеальной областях, восстановление светочувствительности сетчатки и значительное снижение отклонения паттерна по данным САП.

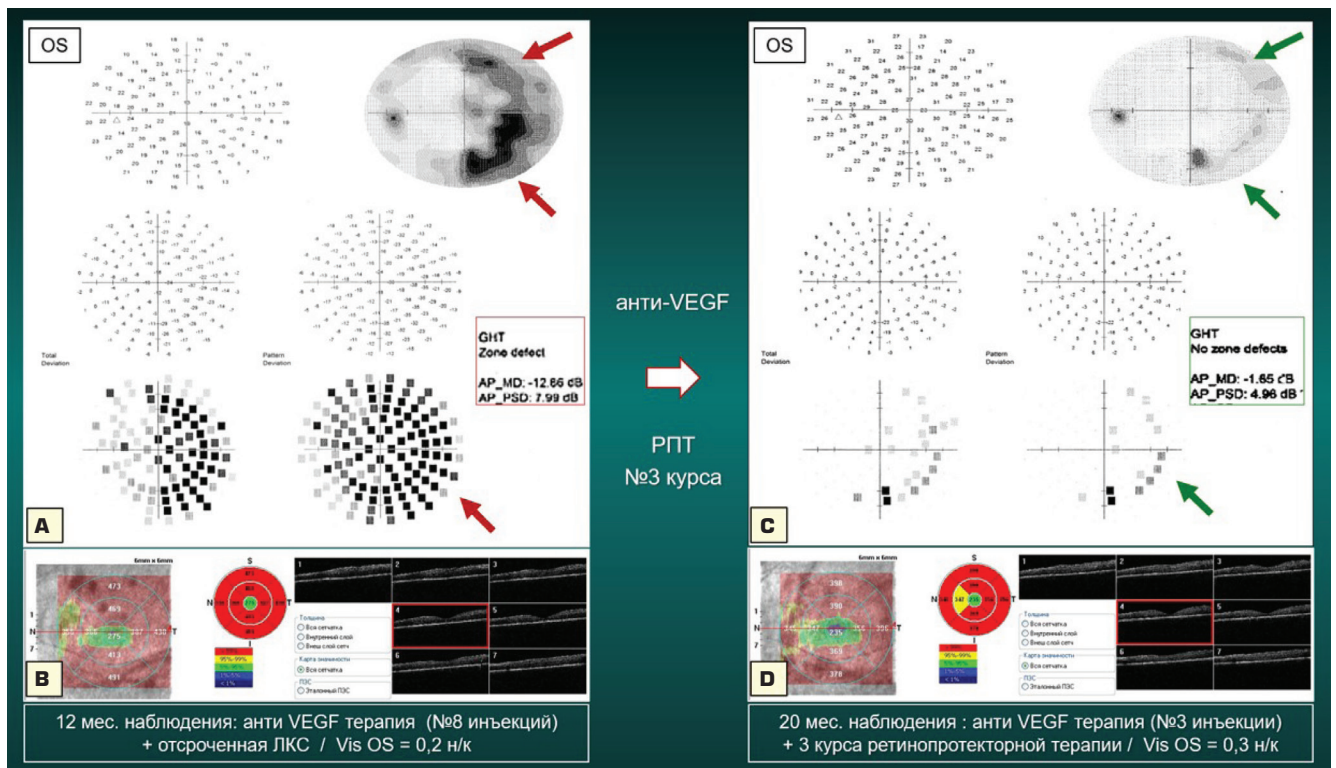


Рис. 2. Динамика данных статической автоматизированной периметрии (А, С) и ОНТ показателей сетчатки (В, D) у пациентки с непролиферативной ДРП в течение второго года комплексного лечения

Fig. 2. The static automated perimetry data dynamics (A, C) and OCT retinal parameters (B, D) in the patient with non-proliferative DR during the second year of complex treatment

Следует подчеркнуть, что в ранее проведенном исследовании были изучены возможности комплексного лечебного воздействия (ЛКС + РПТ) у пациентов с непролиферативной ДРП [13]. Преимущества данного подхода связаны с тем, что ЛКС по своей сути является деструктивным воздействием, которое может приводить к снижению светочувствительности сетчатки, в то время как РПТ способствует ее восстановлению. С нашей точки зрения, актуальным направлением дальнейших исследований может быть изучение эффективности и безопасности комплексного лечебного воздействия (анти-VEGF терапия + отсроченная ЛКС + РПТ) в сравнении с другим лечебным подходом (анти-VEGF терапия + отсроченная ЛКС) с учетом возможностей современных диагностических методов, включая ОКТ с функцией ангиографии (ОКТА), микропериметрию и объективную периметрию [25–27].

КЛИНИЧЕСКИЙ ПРИМЕР 2

Ретинопротекторная терапия после оперативного лечения пролиферативной ДРП

Пациент С., 74 года, диагноз: пролиферативная ДРП, миопия слабой степени, осложненная катаракта ОУ, сахарный диабет второго типа (субкомпенсированный, на инсулинотерапии), артериальная гипертензия.

При первичном обращении: МКОЗ OD 0,005, МКОЗ OS pr. lucas incerta; глазное дно не офтальмоскопируется;

на УЗИ В-сканограммах: гиперэхогенная взвесь в витреальной полости по типу частичного гемофтальма OU, субгидалоидное кровоизлияние OD, фиброзные изменения стекловидного тела, больше выраженные слева. Со слов пациента, он контролирует уровень глюкозы в крови один раз в неделю, при этом показатели натощак колеблются от 2,8 до 16 ммоль/л. После предоперационной подготовки, включавшей стабилизацию уровня глюкозы и артериального давления, была проведена витреоректомия с эндотампонадой перфторорганическим соединением, эндо-ЛКС и замена ПФОС на силиконовое масло (СМ) OD. МКОЗ OD в первые сутки после операции составила 0,1 (sph + 3,0 D).

Через 1 месяц после операции: МКОЗ повысилась до 0,3 (sph + 3,0 D); офтальмоскопически сетчатка прилежала, признаки неоваскуляризации ДЗН отсутствовали (рис. 3А); САП показала отклонение периметрических индексов MD (-8,04 dB) и PSD (4,61 dB) относительно нормальных значений (рис. 3В). Наиболее выраженное снижение светочувствительности определялось в нижне-темпоральном и верхне-темпоральном квадрантах поля зрения, что соотносилось с локализацией бывшего прикрепления к сетчатке фиброзных шварт и зонами проведения эндо-ЛКС (рис. 3А, В). С ретинопротекторной целью пациенту были назначены внутримышечные инъекции Ретиналамина (5 мг), № 10. Через 1 месяц после

РПТ (\approx через 2 месяца после оперативного лечения) у пациента были зафиксированы: стабилизация МКОЗ (0,3), улучшение MD (с -8,04 до -5,43 dB) и стабилизация PSD (рис. 3А, В). Следует отметить, что значительное восстановление светочувствительности сетчатки было зафиксировано в нижне-темпоральном секторе поля зрения («по zone defect» по результатам ГНТ), т.е. в зоне, в которой до проведения РПТ определялось максимальное снижение светочувствительности.

Полученные результаты соотносятся с данными ранее проведенного мультицентрового открытого рандомизированного исследования, показавшего достоверное повышение МКОЗ и контрастной чувствительности, а также улучшение показателей макулярной ЭРГ и увеличение светочувствительности сетчатки в результате комбинированного лечения, включавшего РПТ, у пациентов, успешно прооперированных по поводу отслойки сетчатки [18]. При этом положительная динамика вышеуказанных показателей в группе сравнения (стандартное послеоперационное фармакологическое сопровождение) была достоверно менее выраженной. По нашему мнению, актуальным является проведение дальнейших исследований по оценке возможностей РПТ, у пациентов с пролиферативной ДРП после проведенного оперативного лечения, в том числе с оценкой полученных результатов при помощи ОКТА, микропериметрии и объективной периметрии.

КЛИНИЧЕСКИЙ ПРИМЕР 3

Ретинопротекторная терапия после оперативного лечения рецидива регматогенной отслойки сетчатки

Пациентка К., 51 год, диагноз: рецидив регматогенной отслойки сетчатки, авитрия OD, периферическая хориретинальная дегенерация OU.

Ранее пациентка была прооперирована по поводу регматогенной отслойки сетчатки OD: витрэктомия, эндотампонада ПФОС с эндо-ЛКС и заменой ПФОС на СМ. Через 3 месяца после первого вмешательства СМ было выведено. В течение года после хирургического лечения пациентка вела обычный образ жизни, МКОЗ OD составила 0,3–0,4. Затем пациентка получила непрямую контузию оперированного глаза при падении с велосипеда, что привело к разблокированию прежних периферических разрывов сетчатки и рецидиву ее отслоения. В связи с этим была выполнена ревизия витреальной полости с тампонадой ПФОС, эндо-ЛКС и замена ПФОС на СМ, что позволило добиться повышения МКОЗ с 0,01 до 0,08.

Через 1 месяц после оперативного лечения рецидива отслойки сетчатки: МКОЗ OD составила 0,08; офтальмоскопически — сетчатка прилежала, лазеркоагуляты были состоятельными, определялась «бледность» ДЗН и умеренное сужение ретинальных артерий; САП показала

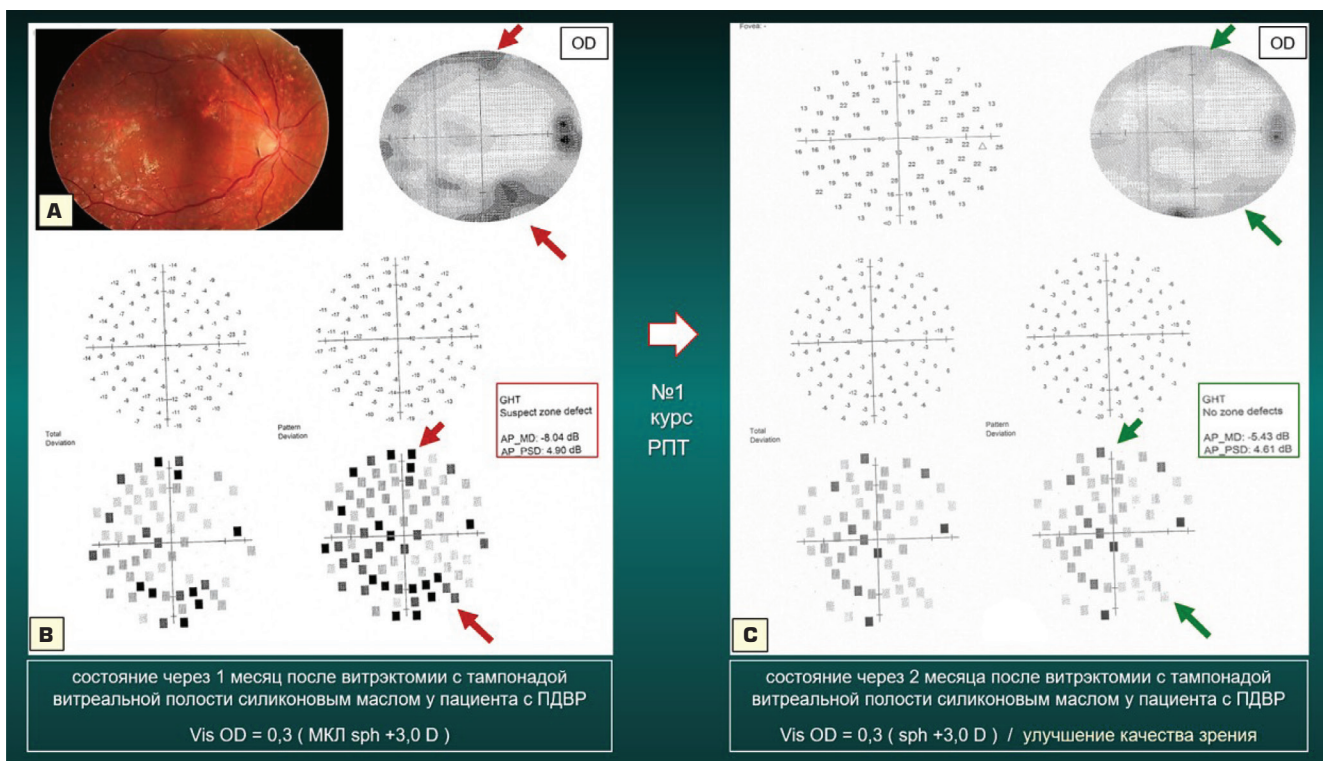


Рис. 3. Картина глазного дна через 1 месяц после оперативного лечения у пациента с пролиферативной ДРП (А), данные САП через 1 месяц после операции (В), данные САП через 1 месяц после РПТ, через 2 месяца после операции (С)

Fig. 3. Fundus image 1 month after surgery in a patient with proliferative DR (A), SAP data 1 month after surgery (B), SAP data 1 month after RPT, 2 months after surgery (C)

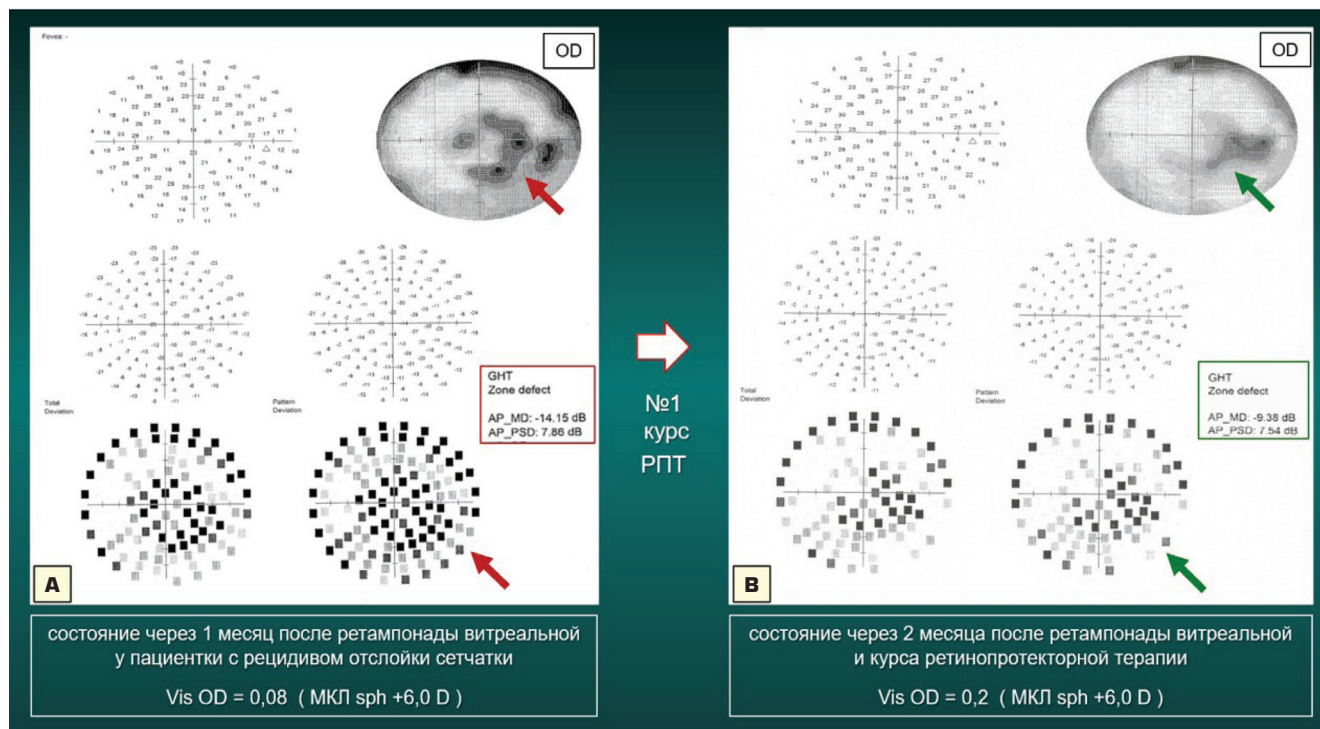


Рис. 4. Данные САП через 1 месяц после оперативного лечения рецидива отслойки сетчатки (А), данные САП через 1 месяц после РПТ, через 2 месяца после операции (В)

Fig. 4. SAP data 1 month after recurrent retinal detachment surgical treatment (A), SAP data 1 month after RPT, 2 months after surgery (B)

значительное отклонение периметрических индексов (MD -14,15 dB; PSD 7,86 dB) относительно их нормальных значений, особенно в центральной и парацентральной областях поля зрения (рис. 4А). С целью ретинопротекции пациентке были назначены внутримышечные инъекции Ретиналамина (5 мг), № 10.

Через 1 месяц после РПТ (\approx через 2-месяца после оперативного лечения) было отмечено: повышение МКОЗ (до 0,2 в мягкой контактной линзе sph +6,0 D); снижение индекса MD с -14,15 до -9,38 dB; стабилизация индекса PSD на уровне 7,54 dB. На рисунке 4А, В показано, что в течение второго месяца наблюдения значительно снизилось отклонение светочувствительности в парацентральных отделах поля зрения оперированного глаза. После курса РПТ пациентка отметила субъективное улучшение качества зрения.

Как было отмечено выше, наши результаты, показывающие улучшение светочувствительности сетчатки на фоне комплексного лечения, включающего РПТ, у пациентов, успешно прооперированных по поводу отслойки сетчатки, соотносятся с данными ряда авторов [18]. Вместе с тем представляется важным продолжить оценку возможностей РПТ у пациентов с рецидивом отслойки сетчатки после проведенного оперативного лечения, особенно при необходимости проведения эндотампонады СМ, которая может оказывать негативное влияние на состояние сетчатки [28–30].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная в статье серия клинических примеров отражает возможности включения ретинопротекторной терапии препаратом «Ретиналамин» в состав комплексного лечебного воздействия у пациентов с диабетической ретинопатией и регматогенной отслойкой сетчатки.

Первый клинический пример показал, что в результате первого года лечения (анти-VEGF терапия + отсроченная лазеркоагуляция сетчатки) у пациентки с неproлиферативной ДРП и кистозным макулярным отеком было достигнуто повышение максимальной корригированной остроты зрения и почти полная резорбция ретинального отека, однако при этом определялось значительное отклонение периметрических индексов (MD, PSD) относительно нормальных значений. В результате второго года комплексного лечения (анти-VEGF терапия + 3 курса РПТ) у пациентки было отмечено дальнейшее повышение МКОЗ, нормализация светочувствительности сетчатки (MD) и снижение отклонения паттерна (PSD).

Второй клинический пример продемонстрировал, что через 1 месяц после хирургического лечения (витрэктомия + тампонада ПФОС + эндо-ЛКС + замена ПФОС на силиконовое масло) у пациента с пролиферативной ДРП отмечено повышение МКОЗ, в то время как значения периметрических индексов MD и PSD оставались

за пределами нормы. После проведения курса РПТ были достигнуты стабилизация МКОЗ, уменьшение отклонения средней светочувствительности сетчатки и стабилизация отклонения паттерна.

Третий клинический пример показал, что через 1 месяц после оперативного лечения (ревизия витреальной полости + тампонада ПФОС + эндо-ЛКС + замена ПФОС на силиконовое масло) у пациентки с рецидивом отслойки сетчатки после непрямо́й контузии глазного яблока периметрические индексы были сниженными. В результате проведения курса РПТ отмечалось повышение МКОЗ, улучшение светочувствительности сетчатки и стабилизация отклонений паттерна.

Наши наблюдения показали, что в результате комплексного лечения, включавшего РПТ, все пациенты от-

метили субъективное улучшение качества зрения. Нежелательных явлений на фоне РПТ зафиксировано не было. Приведенные клинические примеры, а также многолетний опыт эффективного и безопасного применения комплекса водорастворимых полипептидных фракций сетчатки (Ретиналамин) у пациентов с ретиальной патологией позволяют рекомендовать проведение РПТ после ЛКС и витреэктомии у пациентов с ДР и отслойкой сетчатки.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Янченко С.В. — концепция статьи, сбор и обработка данных, написание и редактирование текста, работа с иллюстрациями;
Абдурахмонова И.И. — сбор и обработка данных, написание текста, работа с иллюстрациями;
Мальшев А.В. — концепция статьи, редактирование текста;
Хаирова Е.Н. — написание и редактирование текста;
Тешаев Ш.Ж. — концепция статьи, редактирование текста;
Давлатов С.С. — редактирование текста.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Курьшева НИ, Корнеева АВ, Пономарева СИ. Современные возможности и перспективы нейротропекторной терапии при глаукоме. Обзор литературы. Ч. 1. Офтальмология. 2025;22(1):5–15. Kurysheva NI, Korneeva AV, Ponomareva SI. Current Opportunities and Future Prospects of Neuroprotective Therapy in Glaucoma. Literature Review. Part 1. Ophthalmology in Russia. 2025;22(1):5–15 (In Russ.). doi: 10.18008/1816-5095-2025-1-5-15.
2. Fosgerau K, Hoffmann T. Peptide therapeutics: current status and future directions. *Drug Discovery Today*. 2015;20(1):122–128. doi: 10.1016/j.drudis.2014.10.003.
3. Lau JL, Dunn MK. Therapeutic peptides: Historical perspectives, current development trends, and future directions. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*. 2018;26:2700–2707. doi: 10.1016/j.bmc.2017.06.052.
4. Apostolopoulos V, Bojarska J, Chai TT. A Global Review on Short Peptides: Frontiers and Perspectives. *Molecules*. 2021;26(2):430. doi: 10.3390/molecules26020430.
5. Верлов НА, Доротенко АР, Гулина ЛС. Исследование лиганд-рецепторного взаимодействия и биораспределения при различных режимах введения лекарственного средства, содержащего полипептиды сетчатки глаз скота. Вестник офтальмологии. 2021;137(5):88–95. Verilov NA, Dorotenko AR, Gulina LS. Study of ligand-receptor interaction and biodistribution under various modes of administration of a medicine containing polypeptides from the livestock eyes retina. *The Russian Annals of Ophthalmology*. 2021;137(5):88–95 (In Russ.). doi: 10.17116/oftalma202113705188.
6. Chandarana C, Juwarwala I, Shetty S. Peptide Drugs: Current Status and its Applications in the Treatment of Various Diseases. *Curr Drug Res Rev*. 2024;16(3):381–394. doi: 10.2174/0125899775295960240406073630.
7. Xiao W, Jiang W, Chen Z. Advance in peptide-based drug development: delivery platforms, therapeutics and vaccines. *Signal Transduct Target Ther*. 2025;10(1):74. doi: 10.1038/s41392-024-02107-5.
8. Omidian H, Cubeddu LX, Wilson RL. Peptide-Functionalized Nanomedicine: Advancements in Drug Delivery, Diagnostics, and Biomedical Applications. *Molecules*. 2025;30(7):1572. doi: 10.3390/molecules30071572.
9. Даниличев ВФ, Максимов ИВ. Травмы и заболевания глаз: применение ферментов и пептидных биорегуляторов. Минск: Наука и техника, 1994. 223 с. Danilichev VF, Maximov IB. Eye injuries and diseases: the use of enzymes and peptide bioregulators. *Minsk: Science and Technology*;1994. 223 p. (In Russ.).
10. Хавинсон ВХ Земчихина ВН Трофимова СВ. Влияние пептидов на пролиферативную активность клеток и пигментного эпителия. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2003;135(6):700–702. Khavinson VKh, Zemchikhina VN, Trofimova SV. Peptide influence on the cell and pigment epithelium proliferative activity. *Bulletin of experimental biology and medicine*. 2003;135(6):700–702 (In Russ.).
11. Сайдашева ЭИ. Применение Ретиналамина при диабетической ретинопатии. Фарматека. 2008;157(3):52–54. Saidasheva EI. Use of Retinalamin for diabetic retinopathy. *Pharmateka*. 2008;157(3):52–54 (In Russ.).
12. Егоров ЕА, Оганезова ЖГ, Егорова ТЕ. Возможности применения Ретиналамина в терапии дистрофических заболеваний глаза (обзор клинических исследований). РМЖ. Клиническая офтальмология. 2009;10(2):57–58. Egorov EA, Oganezova ZhG, Egorova TE. Possibilities of Retinalamin usage in treatment of dystrophic eye diseases (literary review). *RMJ. Clinical Ophthalmology*. 2009;10(2):57–58 (In Russ.).
13. Миленькая ТМ, Ищенко ИМ. Применение препарата Ретиналамин® у больных с диабетической ретинопатией. Эффективная фармакотерапия в эндокринологии. 2009;6:18–22. Milenkaya TN, Ishenko IM. Retinalamin in patients with diabetic retinopathy. Effective pharmacotherapy in endocrinology. 2009;6:18–22 (In Russ.).
14. Мальшева НА, Россохин ВФ. Использование ретиналамина на ранней стадии лечения непролиферативной диабетической ретинопатии у детей с сахарным диабетом 1-го типа. Современные технологии в медицине. 2011;3:160–162. Malysheva NA, Rossokhin VF. Use of Retinalaminat early stage of treatment of non-proliferative diabetic retinopathy in children with type 1 diabetes mellitus. *Modern Technologies in Medicine*. 2011;3:160–162 (In Russ.).
15. Хавинсон ВХ, Кузник БИ, Рыжак ГА. Пептидные биорегуляторы — новый класс геропротекторов. Сообщение 1. Результаты экспериментальных исследований. Успехи геронтологии. 2012;25(4):696–708. Khavinson VKh, Kuznik BI, Ryzhak GA. Peptide bioregulators: the new class of geroprotectors. Message 1. Experimental studies results. *Advances in gerontology*. 2012;25(4):696–708 (In Russ.).
16. Азнабаев БМ, Габдрахманова АФ, Мухаммадеев ТР. Офтальмонейропротекция при непролиферативной диабетической ретинопатии и гемодинамика глаза. РМЖ. Клиническая офтальмология. 2014;15(2):71. Aznabaev BN, Gabdrahmanova AF, Muhamadeev TR. Ophthalmoneuroprotection in nonproliferative diabetic retinopathy and eye hemodynamics. *RMJ. Clinical ophthalmology*. 2014;15(2):71 (In Russ.).
17. Разумовский МИ, Павлюченко КМ, Разумовская АМ. Отдаленные результаты лечения дистрофических заболеваний сетчатки пептидными биорегуляторами. Офтальмология. 2015;12(2):43–47. Razumovskiy MI, Pavlyuchenko KM, Razumovskaya AM. Long-term outcomes of retinal degenerative disorder treatment with peptide bioregulators. *Ophthalmology in Russia*. 2015;12(2):43–47 (In Russ.). doi: 10.18008/1816-5095-2015-2-43-47.
18. Астахов ЮС, Белова ТВ, Бойко ЭВ. Эффективность ретиналамина в комплексном лечении регматогенной отслойки сетчатки. Офтальмофармакология. 2016;9(4):69–77. Astakhov YuS, Belova TV, Boiko EV. Efficacy of retinalamin in the complex treatment of rhegmatogenous retinal detachment. *Ophthalmology Journal*. 2016;9(4):69–77 (In Russ.). doi: 10.17816/OV9469-77.
19. Нероев ВВ, Зайцева ОВ, Охоцкая ТД. Эффективность Ретиналамина® у пациентов с сухой формой возрастной макулярной дегенерации при различной кратности курсов внутримышечных инъекций. Российский офтальмологический журнал. 2016;1:39–46. Neroev VV, Zaitseva OV, Okhotsimskaya TD. The Effectiveness of Retinalamin® Administered by Various Intramuscular Injection Timings in the Treatment of Patients with the Dry Form of Age-Related Macular Degeneration. *Russian Ophthalmological Journal*. 2016;1:39–46 (In Russ.).
20. Антонов АА, Макарова АС, Решикова ВС. Экспериментальные исследования эффективности Ретиналамина. Национальный журнал глаукома. 2017;16(3):98–102. Antonov AA, Makarova AS, Reshchikova VS. Experimental studies of Retinalamin efficacy. *Russian National Glaucoma Journal*. 2017;16(3):98–102 (In Russ.).
21. Егоров ЕА. Опыт применения Ретиналамина при различных офтальмологических заболеваниях. РМЖ. Клиническая офтальмология. 2017;1:35–38. Egorov EA. Retinalamin for various ophthalmic disorders: clinical experience. *RMJ. Clinical ophthalmology*. 2017;1:35–38 (In Russ.).
22. Еричев ВП, Петров СЮ, Волжанин АВ. Метаанализ клинических исследований эффективности ретинопротекторной терапии «сухой» формы ВМД с применением препарата Ретиналамин® по динамике остроты зрения. РМЖ. Клиническая офтальмология. 2017;4:219–226. Erichev VP, Petrov SYu, Volzhanin AV. Efficiency of retinoprotective dry AMD therapy with Retinalamin®: a randomized clinical trials metanalysis based on the dynamics of visual acuity. *RMJ. Clinical ophthalmology*. 2017;4:219–226 (In Russ.).
23. Плащевой ВВ. Изучение свойств ретиналамина при диабетической ретинопатии у пациентов, больных сахарным диабетом. Тенденции развития науки и образования. 2020;12:66–68. Plashevoy VV. Study of the properties of retinalamin in diabetic retinopathy in patients with diabetes mellitus. *Trends in the development of science and education*. 2020;12:66–68 (In Russ.). doi: 10.18411/IJ-12-2020-69.

24. Верлов НА, Доротенко АР, Гулина ЛС. Исследование лиганд-рецепторного взаимодействия и биораспределения при различных режимах введения лекарственного средства, содержащего полипептиды сетчатки глаз скота. Вестник офтальмологии. 2021;137(5):88–95.
Verilov NA, Dorotenko AR, Gulina LS. Study of ligand-receptor interaction and biodistribution under various modes of administration of a medicine containing polypeptides from the livestock eyes retina. The Russian Annals of Ophthalmology. 2021;137(5):88–95 (In Russ.). doi: 10.17116/ofalma202113705188.
25. Малышев АВ, Янченко СВ, Саверская ЕН. Диабетическая ретинопатия: возможности и перспективы ретинопротекции. Офтальмология. 2024;21(2):256–263.
Malyshev AV, Yanchenko SV, Saverskaya EN. Diabetic Retinopathy: Possibilities and Prospects for Retinoprotection. Ophthalmology in Russia. 2024;21(2):256–263 (In Russ.). doi: 10.18008/1816509520242256263.
26. Parravano M, Cennamo G, Di Antonio L. Multimodal imaging in diabetic retinopathy and macular edema: An update about biomarkers. Surv Ophthalmol. 2024 Nov-Dec;69(6):893–904. doi: 10.1016/j.survophthal.2024.06.006.
27. Madheswaran G, Nasim P, Ballae Ganeshrao S. Role of microperimetry in evaluating disease progression in age-related macular degeneration: a scoping review. Int Ophthalmol. 2022;42(6):1975–1986. doi: 10.1007/s10792-021-02170-9.
28. Sabeti F, van Kleef JP, Iyer RM. Discriminating early-stage diabetic retinopathy with subjective and objective perimetry. Front. Endocrinol. 2024;14:1333826. doi: 10.3389/fendo.2023.1333826.
29. Файзрахманов РР, Суханова АВ, Павловский ОА. Роль ОКТ-ангиографии в исследовании ретиальной перфузии после эндовитреального вмешательства по поводу регматогенной отслойки сетчатки. Клиническая практика. 2020;11(3):61–67.
Fayzrahmanov RR, Sukhanova AV, Pavlovsky OA. The Role of OCT Angiography in a Study of Retinal Perfusion After Endovitreals Intervention Due to Rhegmatogenous Retinal Detachment. Journal of Clinical Practice. 2020;11(3):61–67 (In Russ.). doi: 10.17816/clinpract33960.
30. Яблоков ММ, Фабрикантов ОЛ, Яблокова НВ. Силиконовая тампонада в хирургическом лечении регматогенной отслойки сетчатки. Российский офтальмологический журнал. 2022;15(4):173–177.
Yablokov MM, Fabrikantov OL, Yablokova NV. Silicone oil tamponade in surgical treatment of rhegmatogenous retinal detachment. Russian ophthalmological journal. 2022;15(4):173–177 (In Russ.). doi: 10.21516/2072-0076-2022-15-4-173-177.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Янченко Сергей Владимирович
доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры офтальмологии

Абдурахмонова Ирода Икром кизи
аспирант кафедры офтальмологии

Малышев Алексей Владиславович
доктор медицинских наук, профессор, заведующий офтальмологическим отделением, заведующий кафедрой офтальмологии

Хаирова Елена Николаевна
доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры терапии с курсом фармакологии и фармации

Тешаев Шухрат Жумаевич
доктор медицинских наук, профессор, ректор

Давлатов Салим Сулейманович
доктор медицинских наук, заведующий отделом контроля качества

ABOUT THE AUTHORS

Yanchenko Sergei V.
MD, Associate Professor, Professor of Ophthalmology Department

Abdurahmonova Iroda Ikrom kizi
postgraduate

Malyshev Alexei V.
MD, Professor, head of Ophthalmology Department

Khairova Elena N.
MD, Associate Professor, Professor of Therapy with a Course in Pharmacology and Pharmacy Department

Teshaev Shuhrat J.
MD, Professor, rector

Davlatov Salim S.
MD, head of Quality Control Department

Поливитамины и полиненасыщенные жирные кислоты в терапии синдрома сухого глаза

Н.А. Саховская^{1,2}М.А. Фролов¹Н.А. Казакова², В.С. Лучин³, И.В. Воробьева¹, Е.С. Беляева^{1,2}, А.М. Фролов¹¹ ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени П. Лумумбы»
ул. Минлукхо-Маклая, 10, Москва, 115516, Российская Федерация² Многопрофильный медицинский холдинг «СМ-клиника»
Старопетровский проезд, 7, Москва, 121359, Российская Федерация³ ООО «НвайссерФарма»
Октябрьский переулок, 8, стр. 1, Москва, 127018, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2026;23(1):178–185

Синдром сухого глаза представляет глобальную проблему современного мира. Переизбыток информации, стремительная урбанизация, напряженный ритм жизни влекут за собой несоблюдение режима труда и отдыха, в том числе увеличение зрительных нагрузок, а снижение стрессоустойчивости в условиях дефицита времени приводят к недостатку жизненно важных веществ в организме. Все вышеизложенное является факторами риска развития синдрома сухого глаза и влияет на течение данного заболевания. Общеизвестным фактом является то, что в профилактике и устранении клинических проявлений данных состояний играют роль сбалансированное питание, регулярное поступление витаминов и микроэлементов с пищей, соблюдение режима труда и отдыха. В данной статье представлены результаты применения биологически активной добавки к пище «ДОППЕЛЬГЕРЦ® V.I.P. ОФТАЛЬМОВИТ № 30» (производитель «Нвайссер Фарма ГмбХ и Ко. НГ», Германия) в терапии синдрома сухого глаза. **Цель исследования:** оценить влияние биологически активной добавки «ДОППЕЛЬГЕРЦ® V.I.P. ОФТАЛЬМОВИТ № 30» в терапии синдрома сухого глаза. **Материал и методы.** В исследование вошли 90 студентов с синдромом сухого глаза в возрасте от 18 до 26 лет. Пациенты I группы (контрольной) не получали никаких БАДов; II группа (исследуемая) получала БАД «ДОППЕЛЬГЕРЦ® V.I.P. ОФТАЛЬМОВИТ». **Результаты.** Опросник OSDI — в исследуемой группе тяжесть ССГ: «до» средней степени $n = 38$, тяжелой степени $n = 22$, «1 мес.» средней степени $n = 43$, тяжелой степени $n = 17$, «2 мес.» легкой степени $n = 11$, средней степени $n = 43$, тяжелой степени $n = 6$, в контрольной группе без изменений ($p = 0,368$). Проба Норна: в исследуемой группе увеличилось время разрыва слезной пленки ($p < 0,001$), в контрольной группе изменений не зафиксировано ($p = 0,285$). Высота слезного мениска: в исследуемой группе повысилась, что свидетельствует об улучшении функциональных свойств слезной пленки и уменьшении синдрома сухого глаза ($p < 0,001$), в контрольной группе изменений не зафиксировано ($p = 0,105$). Тест Ширмера 1 и 2: в исследуемой группе увеличилось время разрыва слезной пленки, что свидетельствует об улучшении функциональных свойств слезной пленки и уменьшении синдрома сухого глаза, в контрольной группе изменений не зафиксировано ($P_{\text{Ш1}} = 0,587$, $P_{\text{Ш2}} = 0,293$). Опросник CISS: в исследуемой группе наблюдалось постепенное снижение выраженности признаков астенопии ($p < 0,001$), в контрольной группе изменений не зафиксировано ($p = 0,125$). Пупиллография: в исследуемой группе зафиксирован регресс напряжения аккомодации, больше выраженный через 2 месяца ($p < 0,001$), у контрольной группы произошло изменение напряжения аккомодации, что можно связать с поперечным преобладанием симпатического и парасимпатического влияния ($p < 0,05$). **Обсуждение.** Концепция лечения синдрома сухого глаза включает в себя этиопатогенетическую, неспецифическую и симптоматическую терапию. Неотъемлемым звеном в стратегии патогенетического лечения синдрома сухого глаза является целенаправленное введение витаминов и микроэлементов в рацион питания. **Заключение.** Основываясь на результатах проведенного исследования, а также на данных зарубежных и отечественных авторов, можно утверждать, что биологически активные добавки к пище могут служить дополнительным источником витаминов и микроэлементов, дефицит которых — одна из составляющих причин патогенеза синдрома сухого глаза. Учитывая вышеизложенное, можно рекомендовать прием БАД «ДОППЕЛЬГЕРЦ® V.I.P. ОФТАЛЬМОВИТ» по 1 капсуле 1 раз в день в течение 2 месяцев в комплексной терапии пациентов с ССГ.

Ключевые слова: синдром сухого глаза, полиненасыщенные жирные кислоты, БАД «ДОППЕЛЬГЕРЦ® V.I.P. ОФТАЛЬМОВИТ»

Для цитирования: Саховская Н.А., Фролов М.А., Казакова Н.А., Лучин В.С., Воробьева И.В., Беляева Е.С., Фролов А.М. Поливитамины и полиненасыщенные жирные кислоты в терапии синдрома сухого глаза. *Офтальмология*. 2026;23(1):178–185. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-178-185>

Источник финансирования: личные средства компании «Нвайссер Фарма ГмбХ и Ко. НГ», Германия.

Конфликт интересов: В.С. Лучин является сотрудником «Нвайссер Фарма». Остальные авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.



Multivitamins and Polyunsaturated Fatty Acids in the Treatment of Dry Eye Syndrome

N.A. Sakhovskaya^{1,2}, M.A. Frolov¹, K.A. Kazakova², V.S. Luchin³, I.V. Vorobyeva¹, E.S. Belyaeva^{1,2}, A.M. Frolov¹

¹ Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba
Miklukho-Maklaya str., 10, Moscow, 117198, Russian Federation

² Multi-profile medical holding SM-Clinic
Staropetrovsky travel, 73, Moscow, 121359, Russian Federation

³ QueisserPharma LLC
Oktyabrsky lane, 8, bld. 1, Moscow, 127018, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2026;23(1):178-185

Dry eye syndrome is a global problem of the modern world. Overload of information, rapid urbanization, and a busy lifestyle lead to non-compliance with work and rest schedules, including increased visual loads, decreased stress resistance in conditions of time deficit, leading to a deficiency of vital substances in the body. All the above are risk factors for the development of dry eye syndrome and affect the course of this disease. It is a well-known fact that balanced nutrition, regular intake of vitamins and microelements with food, and compliance with work and rest schedules play a role in the prevention and elimination of clinical manifestations of these conditions. This article presents the results of using the biologically active food supplement "DOPPELHERZ® V.I.P. OFTALMOVIT No. 30" (manufacturer Queisser Pharma GmbH & Co. KG, Germany) in the treatment of dry eye syndrome. **The purpose of the study:** to evaluate the effect of the dietary supplement "DOPPELHERZ® V.I.P. OFTALMOVIT no. 30" in the treatment of dry eye syndrome. **Material and methods.** The study included 90 students with dry eye syndrome, aged 18 to 26 years. Patients of group I (control) did not receive any dietary supplements; group II (study group) received the dietary supplement "DOPPELHERZ® V.I.P. OFTALMOVIT". **Results.** OSDI questionnaire — in the study group, the severity of dry eye syndrome: "before" moderate $n = 38$, severe $n = 22$, "1 month" moderate $n = 43$, severe $n = 17$, "2 months" mild $n = 11$, moderate $n = 43$, severe $n = 6$, in the control group no changes ($p = 0.368$). Norn's test: the study group showed an increase in tear film breakup time ($p < 0.001$), no changes were recorded in the control group ($p = 0.285$). Lacrimal meniscus height: the study group showed an increase in the height of the lacrimal meniscus, which indicates an improvement in the functional properties of the tear film and a decrease in dry eye syndrome ($p < 0.001$), no changes were recorded in the control group ($p = 0.105$). Schirmer tests 1 and 2: the study group showed an increase in the tear film breakup time, which indicates an improvement in the functional properties of the tear film and a decrease in dry eye syndrome, no changes were recorded in the control group (RSH1 = 0.587, RSH2 = 0.293). CISS questionnaire: a gradual decrease in the severity of asthenopia signs was observed in the study group ($p < 0.001$), no changes were recorded in the control group ($p = 0.125$). Pupillography: in the study group, regression of accommodation tension was recorded, more pronounced after 2 months ($p < 0.001$), in the control group there was a change in accommodation tension, which can be associated with the alternating predominance of sympathetic and parasympathetic wagging ($p < 0.05$). **Discussion.** The concept of dry eye syndrome treatment includes etiopathogenetic, non-specific and symptomatic therapy. An integral link in the strategy of pathogenetic treatment of dry eye syndrome is the targeted introduction of vitamins and microelements into the diet. **Conclusion.** Based on the results of the study, as well as on the data of foreign and domestic authors, dietary supplements can serve as an additional source of vitamins and microelements, the deficiency of which is one of the components of the causes of dry eye syndrome pathogenesis. Considering the above, we can recommend taking the dietary supplement "DOPPELHERZ® V.I.P. OFTALMOVIT" 1 capsule once a day for 2 months in the complex therapy of patients with dry eye syndrome.

Keywords: dry eye syndrome, polyunsaturated fatty acids, dietary supplement "DOPPELHERZ® V.I.P. OFTALMOVIT"

For citation: Sakhovskaya N.A., Frolov M.A., Kazakova K.A., Luchin V.S., Vorobyeva I.V., Belyaeva E.S., Frolov A.M. Multivitamins and Polyunsaturated Fatty Acids in the Treatment of Dry Eye Syndrome. *Ophthalmology in Russia*. 2026;23(1):178-185. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-178-185>

Source of funding: personal funds of the company Queisser Pharma GmbH & Co. KG, Germany.

Conflict of interest: V.S. Luchin is an employee of Queisser Pharma. The other authors declare no conflict of interest.

На сегодня одной из актуальных проблем офтальмологии является большая распространенность синдрома сухого глаза (ССГ), что связано с разнообразными экзогенными и эндогенными причинами, зачастую с сочетанием этих факторов.

Экзогенные факторы обусловлены напряженным ритмом жизни, снижением устойчивости к стрессу в условиях дефицита времени, переизбытком информации и стремительной урбанизацией. К эндогенным факто-

рам относятся хронические дисметаболические нарушения и заболевания, а также состояние истощения и гиповитаминоза.

Одной из проблем нашего времени является неконтролируемое использование разнообразных цифровых устройств, и, как следствие, пациенты стали чаще предъявлять жалобы на дискомфорт в виде сухости в глазах, боли в глазных яблоках, повышенной зрительной утомляемости, головной боли. Экспертным советом

по аккомодации и рефракции (ЭСАР) было сформулировано определение понятия «астенопия» как функционального расстройства зрения с характерными симптомами, при котором выполнение зрительной работы затруднено или невозможно, что и представляет собой астенический синдром в офтальмологии [1].

В наше время существует большое число консервативных и хирургических методов лечения ССГ, применение которых позволяет облегчить течение заболевания и улучшить качество жизни больных [2].

Основные способы лечения ССГ:

- слезозаместительная терапия, в которой используются искусственные и биологические заменители слезы и препараты, стимулирующие секрецию слезы;
- противовоспалительная терапия (в рамках комплексного лечения ССГ и его осложнений), в которой используются нестероидные противовоспалительные средства (НПВС), кортикостероиды, антиметаболиты, иммунодепрессивные средства;
- хирургические методы лечения, такие как закрытие просвета слезных точек с помощью обтураторов для уменьшения оттока слезной жидкости и удержания ее на глазной поверхности, пересадка протока околоушной слюнной железы, трансплантация подчелюстной слюнной железы, канторифия и тарзорифия, биологическое покрытие роговицы с целью снижения патологического воздействия внешних факторов на глазную поверхность;
- немедикаментозные способы лечения, к которым относится минимизация воздействия внешних факторов риска, способствующих развитию и прогрессированию ССГ [3–17].

Таблица 1. Основные компоненты и функции слоев слезной пленки

Table 1. Main components and functions of the tear film layers

Структура Structure	Происхождение Origin	Основной компонент Main component	Функция Function
Липидный слой Lipid layer	Мейбомиевы железы Meibomian glands	Холестериновый эфир Cholesterol ester	Предотвращение испарения Preventing evaporation
		Эфиры жирных кислот Fatty acid esters	Создание оптически гладкой поверхности Creating an optically smooth surface
Водянистый слой Watery layer	Слезные железы Lacrimal glands	Вода Water	Бактериостаз Bacteriostasis
		Белки Proteins	Вымывание продуктов распада Washing out decay products
		Соли Salts	Поддержание гидратации эпителия Maintaining epithelial hydration
Муциновый слой Mucin layer	Бокаловидные клетки конъюнктивы. Железы Молля и Краузе Conjunctival goblet cells. Moll and Krause glands	Гликопротеин Glycoprotein	Поддержание гидрофильности поверхности эпителия для ее смачивания водянистым слоем Maintaining the hydrophilicity of the epithelial surface for its wetting with a watery layer

Современные научные исследования, посвященные изучению пищевых биодобавок с омега-3 полиненасыщенными жирными кислотами (ПНЖК), показали, что за счет модифицирования внутриклеточных липидов в слезных железах стабильность слезной пленки увеличивается. Комбинации полиненасыщенных жирных кислот омега-3 и омега-6 оказывают положительное влияние на качество и количество внутриклеточных липидов в мейбомиевых железах. Отдельный прием омега-3 и омега-6 существенно повышает эффективность пероральных добавок.

Считается, что слезная пленка состоит из трех слоев: муцинового, водянистого (водного) и липидного. Данное классическое описание было подвергнуто сомнению. S. Patel и соавт. полагают, что слезная пленка существенно толще и содержит больше муцина, чем считалось ранее [24]. С функциональной точки зрения все три основных компонента способствуют сохранению слезной пленки [25]. Липидный и муциновый слои оказывают наибольшее влияние на слезную пленку, водянистый слой обеспечивает необходимое количество слезной жидкости (табл. 1).

Качество и количество слезы имеют крайне важное значение для поддержания объемной и поверхностной гидратации глаза. Образование слезной пленки на поверхности глаза происходит в результате смыкания век при моргании. При закрытии глаза липидный слой сжимается между краями век. Остатки слезной пленки в виде смеси муцина и липидов перемещаются к верхнему и нижнему сводам конъюнктивы и по направлению к слезным точкам, откуда выводятся по слезному каналу. При этом при движении век по поверхности глаза происходит образование нового слоя слезной пленки. Когда глаз открывается, сначала новый водянистый слой распространяется по гидрофильной поверхности эпителия, а затем липиды (липидный слой) распределяются поверх водянистого слоя для уменьшения испарения слезной жидкости. Но, несмотря на наличие липидного слоя, некоторое количество слезной жидкости все равно испаряется, из-за этого толщина слезной пленки уменьшается. При этом происходит диффузия липидов в муциновый слой. Муцин, смешанный с липидами, теряет гидрофильность, и слезная пленка рвется, образуя отдельные «островки». Разрыв слезной пленки и ее частичное отсутствие на глазной поверхности является стимулом к новому морганию, и цикл повторяется.

На структуру слезной пленки могут оказывать влияние системные и глазные препараты, общее состояние здоровья, заболевания глаз, например сухой кератоконъюнктивит, возраст пациента, при этом могут изменяться как объем слезопродукции, так и стабильность слезной пленки.

Оценить слезную пленку затруднительно в связи с тем, что слезная жидкость в норме прозрачна, слезная пленка имеет незначительный объем (7 мкл) и относительно

небольшую толщину (7 мкм). Что касается слезопродукции, то необходимо учитывать рефлекторную природу выделения слезы: слезотечение часто вызывается самим методом исследования. В норме скорость слезного потока может увеличиваться более чем в 100 раз при стимуляции рефлекторного слезотечения. При этом оказывается влияние и на состав слезной жидкости.

Так как любой метод сбора слезной жидкости причиняет определенную травму глазу, вызывающую рефлекторное слезотечение, то ставится под сомнение качество собранного образца. В обзорах Bright и Tighe [26], Lydon и Guillon [27] представлена более подробная информация о структуре и биохимических свойствах слезной пленки.

Известно, что недостаточное поступление витаминов и минералов значимо влияет на белковый и углеводный обмен, что влечет за собой изменение обменных процессов, а в нашем случае способствует нарушению слезной пленки, развитию и усугублению ССГ.

Полноценное питание, поступление достаточного количества витаминов и микроэлементов с пищей, соблюдение режима труда и отдыха являются необходимым условием в профилактике и устранении клинических проявлений ССГ.

На сегодняшний день фармацевтическими компаниями предлагается большое количество разнообразных по составу витаминно-минеральных комплексов, рекомендованных в том числе в составе комплексной терапии синдрома сухого глаза, однако вопрос о выраженности их терапевтического эффекта остается спорным, что обуславливает необходимость проведения дальнейших исследований, которые позволят более точно определить возможный спектр применения таких комплексов в терапии ССГ и их эффективность [28–31].

Данная статья посвящена исследованию влияния биологически активной добавки к пище «ДОППЕЛЬГЕРЦ® V.I.P. ОФТАЛЬМОВИТ» (производитель «Квайссер Фарма ГмбХ и Ко. КГ», Германия) у студентов с синдромом сухого глаза.

В состав БАД «ДОППЕЛЬГЕРЦ® V.I.P. ОФТАЛЬМОВИТ» входят ПНЖК омега-3 (320 мг — эйкозапентаеновая кислота 190 мг, докозагексаеновая кислота 130 мг), витамин А (400 мкг), витамин Е (10 мг), витамин D3 (5 мкг), витамин С (120 мг), витамин В2 (1,4 мг), цинк (10 мг), селен (80 мкг), медь (750 мкг), лютеин (10 мг), зеаксантин (1,5 мг).

Цель исследования: определить влияние биологически активной добавки «ДОППЕЛЬГЕРЦ® V.I.P. ОФТАЛЬМОВИТ» № 30 в терапии синдрома сухого глаза.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В исследование вошли 90 студентов ФГАОУ ВО РУДН им. П. Лумумбы (180 глаз) с диагностированным синдромом сухого глаза в возрасте от 18 до 26 лет, в среднем $21,77 \pm 2,28$ года.

Пациенты были разделены на 2 группы: I группу (контрольную) составили 30 пациентов (60 глаз),

не получавших БАДы; II группу — 60 пациентов (120 глаз), получавших БАД «ДОППЕЛЬГЕРЦ® V.I.P. ОФТАЛЬМОВИТ». Средний возраст пациентов в I группе составил от 18 до 25 лет, в среднем $22,37 \pm 2,98$ года, во II группе — от 18 до 26 лет, в среднем $22,34 \pm 2,56$ года.

Критериями включения в исследование являлись: диагностированный синдром сухого глаза, признаки диагностированной астенопии, наличие возможности и желания посещать врача и процедуры, предусмотренные данным исследованием, наличие информированного письменного согласия на участие в исследовании и способность пациента к адекватному сотрудничеству в процессе исследования.

Критериями невключения являлись: инстиляция слезозаменителей, лазерная коррекция зрения в анамнезе, повышенная чувствительность к компонентам исследуемого препарата, участие в любом другом клиническом исследовании, прием во время проведения исследования нерекомендуемых лекарственных средств, которые могли бы повлиять на результаты данного исследования.

Всем пациентам проводилось стандартное офтальмологическое обследование. С целью диагностики состояния слезной пленки и слезопродукции использовались проба Норна, тест Ширмера 1 и 2, исследование высоты слезного мениска, в рамках диагностики астенопии — пупиллография (Кератограф 5М, OCOLUS Optikgerate GmbH, Германия). Дополнительно проводили анкетирование студентов с использованием опросника CISS для выявления степени выраженности астенопии, опросник индекса сухого глаза (OSDI).

Решение включить в исследование пробу Норна, а также определение высоты стояния слезного мениска объясняется содержанием в БАД «ДОППЕЛЬГЕРЦ® V.I.P. ОФТАЛЬМОВИТ» ПНЖК омега-3, а также витаминов, влияющих на липидный обмен [18–23].

В настоящее время широкое распространение в клинической практике получила методика пупиллографии, применяемая в том числе в офтальмологии и неврологии. Реакция зрачка на свет, исследуемая при пупиллометрии, является полезным диагностическим критерием для оценки сохранности сенсорных и двигательных функций отделов зрительного анализатора. В психологии методика пупиллометрии может применяться в качестве маркера мозговой активности и позволяет судить о нарушениях в психологическом состоянии. Представление о недостатке когнитивных способностей, прослеживаемых при некоторых типах неврологических расстройств, может быть получено в результате исследования зрачков при пупиллометрии [30, 31].

Мониторинг безопасности лечения проводился путем фиксации побочных явлений, полученных на основе анализа жалоб, оценки результатов субъективных и объективных методов обследований, в том числе степени их выраженности.

Пациентам рекомендовали соблюдение режима труда и отдыха, сбалансированное питание, полноценный сон; зрительная нагрузка при этом оставалась без изменений.

Статистический анализ проводился с использованием программы StatTech v. 4.6.3 (разработчик — ООО «Статтех», Россия). Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Таблица 2. Показатели рефракции глаза в исследуемых группах

Рефракция / Refraction	I группа / I Group (n = 30)	II группа / II Group (n = 60)
Гиперметропия / Hypermetropia	2	4
Эмметропия / Emmetropia	12	33
Миопия слабой степени / Mild myopia	13	17
Миопия средней степени / Moderate myopia	3	6
Миопия высокой степени / High myopia	—	—
Астигматизм / Astigmatism	7	7

Таблица 3. Анализ изменения динамики зрачка по результатам пупиллографии

Table 3. Analysis of changes in pupil dynamics based on pupillography results

Группа Group	Показатели Indicators	Этапы наблюдения / Stages of observation						P
		До / Before		1 мес. / 1 month		2 мес. / 2 month		
		M ± SD, Me	95 % ДИ(CI) Q ₁ -Q ₃	M ± SD, Me	95 % ДИ(CI) Q ₁ -Q ₃	M ± SD, Me	95 % ДИ(CI) Q ₁ -Q ₃	
I	d зрачка min d pupil min	1,60	1,20–2,20	1,50	1,10–1,82	1,30	1,10–1,80	0,006* $P_{1-2 \text{ мес.}} = 0,005/0,006*$ $P_{1-2 \text{ month}} = 0,005/0,006*$
	d зрачка max d pupil max	7,22 ± 0,40	7,12–7,32	6,74 ± 0,65	6,62–6,86	7,26 ± 0,39	7,16–7,36	<0,001* $P_{до-1 \text{ мес.}} = 0,013$ $P_{1-2 \text{ мес.}} < 0,001/$ <0,001* $P_{before-1 \text{ month}} = 0,013$ $P_{1-2 \text{ month}} < 0,001/ < 0,001*$
	d зрачка med d pupil med	6,20	5,70–6,50	5,60	5,17–6,10	6,10 ± 0,59	5,95–6,25	<0,001* $P_{до-1 \text{ мес.}} = 0,041$ $P_{до-2 \text{ мес.}} = 0,026/$ <0,001* $P_{before-1 \text{ month}} = 0,041$ $P_{before-2 \text{ month}} = 0,026/$ <0,001*
II	d зрачка min d pupil min	1,90	1,10–2,90	1,50	1,10–1,82	1,30	1,10–1,73	<0,001* $P_{до-1 \text{ мес.}} < 0,001$ $P_{до-2 \text{ мес.}} < 0,001/$ <0,001* $P_{before-1 \text{ month}} < 0,001$ $P_{before-2 \text{ month}} < 0,001/$ <0,001*
	d зрачка max d pupil max	6,70	5,90–7,20	6,80	6,28–7,20	6,75	6,38–7,20	<0,001* $P_{до-1 \text{ мес.}} < 0,001$ $P_{до-2 \text{ мес.}} < 0,001/$ <0,001* $P_{before-1 \text{ month}} < 0,001$ $P_{before-2 \text{ month}} < 0,001/$ <0,001*
	d зрачка med d pupil med	5,80	5,20–6,22	5,60	5,17–6,10	5,50	5,17–6,03	<0,001* $P_{до-1 \text{ мес.}} = 0,003$ $P_{до-2 \text{ мес.}} < 0,001$ $P_{1-2 \text{ мес.}} = 0,009/$ <0,001* $P_{before-1 \text{ month}} = 0,003$ $P_{before-2 \text{ month}} < 0,001$ $P_{1-2 \text{ month}} = 0,009/$ <0,001*

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Показатели рефракции глаза были сопоставимы во всех исследуемых группах (табл. 2).

Для получения четкого изображения на сетчатке предметов, расположенных на близком расстоянии, происходит сокращение цилиарной мышцы и сужение зрачка. При длительной фокусировке объекта на близком расстоянии может наблюдаться более выраженное сужение зрачка, чем в норме. Данный процесс регулируется парасимпатической иннервацией. Напротив, стимуляция симпатической нервной системы, преобладающая в состоянии стресса, приводит к возбуждению радиальных волокон радужки, тем самым вызывая расширение зрачка. Методика пупиллографии позволяет косвенно судить о выраженности изменений акта аккомодации.

В группе пациентов, принимавших БАД «ДОППЕЛЬГЕРЦ® V.I.P. ОФТАЛЬМОВИТ», проведенный анализ показал, что наблюдались статистически значимые изменения реактивности зрачка ($p < 0,001$). В сравнении

с доклиническими значениями произошло постепенное уменьшение минимального и среднего диаметра зрачка через 1 и 2 месяца, увеличился максимальный диаметр зрачка. Спустя 2 месяца значительно уменьшился средний диаметр зрачка (табл. 3). Полученный результат свидетельствует о регрессе напряжения аккомодации и был больше выражен через 2 месяца.

В контрольной группе пациентов, не принимавших БАД, по результатам пупиллографии отмечалось статистически значимое изменение реактивности зрачка на свет ($p < 0,05$). Спустя 1 и 2 месяца наблюдения уменьшился минимальный диаметр зрачка, спустя 2 месяца повысился максимальный диаметр зрачка, через 1 и 2 месяца средний диаметр зрачка уменьшился. Полученный результат свидетельствует об изменении напряжения аккомодации, что связано с попеременным преобладанием симпатического и парасимпатического влияния (табл. 3).

В группе пациентов, принимавших «БАД ДОППЕЛЬГЕРЦ® V.I.P. ОФТАЛЬМОВИТ», наблюдались статистически значимые изменения времени разрыва слезной пленки $p < 0,001$. Отмечалось

увеличение времени разрыва слезной пленки, что свидетельствует об улучшении функциональных свойств слезной пленки и уменьшении синдрома сухого глаза.

В контрольной группе пациентов, не принимавших БАД, статистически достоверных изменений времени разрыва слезной пленки не зафиксировано, $p = 0,285$ (табл. 4).

В группе пациентов, принимавших «БАД ДОППЕЛЬГЕРЦ® V.I.P. ОФТАЛЬМОВИТ», наблюдались статистически значимые изменения высоты слезного мениска, $p < 0,001$. Отмечалось увеличение высоты слезного мениска, что свидетельствует об улучшении функциональных свойств слезной пленки и уменьшении синдрома сухого глаза.

В контрольной группе пациентов, не принимавших БАД, статистически достоверных изменений высоты слезного мениска не зафиксировано, $p = 0,105$ (табл. 5).

В группе пациентов, принимавших «БАД ДОППЕЛЬГЕРЦ® V.I.P. ОФТАЛЬМОВИТ», наблюдались статистически значимые изменения показателей теста Ширмера 1, $p < 0,001$. Отмечалось увеличение времени разрыва слезной пленки, что свидетельствует об улучшении функциональных свойств слезной пленки и уменьшении синдрома сухого глаза.

В контрольной группе пациентов, не принимавших БАД, статистически достоверных изменений теста Ширмера 1 не зафиксировано, $p = 0,587$ (табл. 6).

В группе пациентов, принимавших «БАД ДОППЕЛЬГЕРЦ® V.I.P. ОФТАЛЬМОВИТ», наблюдались статистически значимые изменения показателей теста Ширмера 2, $p < 0,001$. Отмечалось увеличение времени разрыва слезной пленки, что свидетельствует об улучшении функциональных свойств слезной пленки и уменьшении синдрома сухого глаза.

В контрольной группе пациентов, не принимавших БАД, статистически достоверных изменений теста Ширмера 2 не зафиксировано, $p = 0,293$ (табл. 7).

Для оценки выраженности синдрома сухого глаза использовался расчет индекса сухого глаза (OSDI). Опросник OSDI включает 12 вопросов, оценивается по шкале от 0 до 100 для определения тяжести синдрома сухого глаза (нормальная, легкая, средняя и тяжелая).

Доклинические показатели выявили синдром сухого глаза средней степени

Таблица 4. Анализ динамики пробы Норна

Table 4. Analysis of the dynamics of the Norna test

Группа Group	Этапы наблюдения / Stages of observation						P
	До / Before		1 мес. / 1 month		2 мес. / 2 month		
	M ± SD	95 % ДИ (CI)	M ± SD	95 % ДИ (CI)	M ± SD	95 % ДИ (CI)	
I	16,81 ± 3,53	15,89–17,72	16,61 ± 3,72	15,65–17,57	16,50 ± 3,68	15,55–17,45	0,285
II	15,46 ± 4,29	14,68–16,23	16,53 ± 4,23	15,77–17,30	17,31 ± 4,07	16,58–18,05	<0,001* $P_{до-1\text{ мес.}} < 0,001$ $P_{до-2\text{ мес.}} < 0,001$ $P_{1-2\text{ мес.}} < 0,001 / < 0,001^*$ $P_{before-1\text{ month}} < 0,001$ $P_{before-2\text{ month}} < 0,001$ $P_{1-2\text{ month}} < 0,001 / < 0,001^*$

Таблица 5. Анализ динамики высоты слезного мениска

Table 5. Analysis of the dynamics of the height of the lacrimal meniscus

Группа Group	Этапы наблюдения / Stages of observation						P
	До / Before		1 мес. / 1 month		2 мес. / 2 month		
	Me	Q ₁ –Q ₃	Me	Q ₁ –Q ₃	M ± SD, Me	95 % ДИ (CI), Q ₁ –Q ₃	
I	0,47	0,36–0,61	0,46	0,35–0,62	0,49 ± 0,18	0,44–0,53	0,105
II	0,46	0,38–0,61	0,51	0,40–0,66	0,57	0,49–0,71	<0,001* $P_{до-1\text{ мес.}} < 0,001$ $P_{до-2\text{ мес.}} < 0,001$ $P_{1\text{ мес.}-2\text{ мес.}} < 0,001 / < 0,001^*$ $P_{before-1\text{ month}} < 0,001$ $P_{before-2\text{ month}} < 0,001$ $P_{1-2\text{ month}} < 0,001 / < 0,001^*$

Таблица 6. Анализ динамики теста Ширмера 1

Table 6. Analysis of the dynamics of the Schirmer 1 test

Группа Group	Этапы наблюдения / Stages of observation						P
	До / Before		1 мес. / 1 month		2 мес. / 2 month		
	M ± SD/Me	95 % ДИ (CI) Q ₁ –Q ₃	Me	Q ₁ –Q ₃	Me	Q ₁ –Q ₃	
I	10,05 ± 1,92	9,55–10,55	10,00	9,00–11,00	10,00	9,00–11,00	0,587
II	10,00	8,75–11,00	12,00	11,00–13,00	12,00	11,00–13,00	<0,001* $P_{до-1\text{ мес.}} < 0,001$ $P_{до-2\text{ мес.}} < 0,001$ $P_{1-2\text{ мес.}} < 0,001 / < 0,001^*$ $P_{before-1\text{ month}} < 0,001$ $P_{before-2\text{ month}} < 0,001$ $P_{1-2\text{ month}} < 0,001 / < 0,001^*$

Таблица 7. Анализ динамики теста Ширмера 2

Table 7. Analysis of the dynamics of the Schirmer 2 test

Группа Group	Этапы наблюдения / Stages of observation						P
	До / Before		1 мес. / 1 month		2 мес. / 2 month		
	Me	Q ₁ –Q ₃	Me	Q ₁ –Q ₃	Me	Q ₁ –Q ₃	
I	6,00	4,00–7,00	6,00	4,00–7,00	6,00	4,00–7,00	0,293
II	5,00	3,00–7,00	7,00	5,00–8,00	8,00	7,00–10,00	<0,001* $P_{до-1\text{ мес.}} < 0,001$ $P_{до-2\text{ мес.}} < 0,001$ $P_{1-2\text{ мес.}} < 0,001 / < 0,001^*$ $P_{before-1\text{ month}} < 0,001$ $P_{before-2\text{ month}} < 0,001$ $P_{1-2\text{ month}} < 0,001 / < 0,001^*$

Таблица 8. Анализ динамики выраженности ССГ по опроснику OSDI**Table 8.** Analysis of the dynamics of the severity of dry eye syndrome according to the OSDI questionnaire

Группа Group	Этапы наблюдения / Stages of observation						P
	До / Before		1 мес. / 1 month		2 мес. / 2 month		
	Me	Q ₁ -Q ₃	Me	Q ₁ -Q ₃	Me	Q ₁ -Q ₃	
I	65,45	53,83–85,00	65,45	53,83–85,00	65,45	53,83–85,00	0,368
II	62,50 (n = 59)	54,16–75,00	59,80 (n = 59)	50,45–70,80	54,50 (n = 59)	45,80–64,55	<0,001* P _{до-1 мес.} < 0,001 P _{до-2 мес.} < 0,001 P _{1-2 мес.} < 0,001/<0,001* P _{before-1month} < 0,001 P _{before-2month} < 0,001 P _{1-2month} < 0,001/<0,001*

Таблица 9. Анализ динамики выраженности астенопии по опроснику CISS**Table 9.** Analysis of the dynamics of asthenopia severity according to the CISS questionnaire

Группа Group	Этапы наблюдения / Stages of observation						P
	До / Before		1 мес. / 1 month		2 мес. / 2 month		
	Me	Q ₁ -Q ₃	Me	Q ₁ -Q ₃	Me	Q ₁ -Q ₃	
I	27,50	23,25–31,75	29,00	23,50–34,00	28,00	24,25–34,75	0,125
II	29,00	25,00–35,00	28,00	23,75–32,00	27,50	23,00–33,25	<0,001* P _{до-1 мес.} < 0,001 P _{до-2 мес.} < 0,001/ <0,001* P _{before-1 month} < 0,001 P _{before-2 month} < 0,001/<0,001*

у 38 студентов, тяжелой степени — у 22 студентов. У пациентов, принимавших БАД «ДОППЕЛЬГЕРЦ® V.I.P. ОФТАЛЬМОВИТ», через 1 месяц ССГ средней степени диагностирован у 43 студентов, тяжелой — у 17, через 2 месяца: легкой степени — у 11, средней степени — у 46 и тяжелой степени — у 6. Анализ динамики выраженности ССГ показал, что наблюдалось статистическое значимое уменьшение признаков выраженности синдрома сухого глаза ($p < 0,001$).

В контрольной группе пациентов, не принимавших БАД, статистически достоверных изменений не зафиксировано, $p = 0,368$ (табл. 8).

Для анализа степени астенопии, астении, гиперактивности, концентрации внимания проводилось анкетирование по опроснику CISS, который включает 15 вопросов на выявление различных признаков астенопии с 5 вариантами ответов: «никогда» — 1 балл, «редко» — 2 балла,

«иногда» — 3 балла, «часто» — 4 балла, «всегда» — 5 баллов. Степень выраженности астенопии оценивается по суммарно набранным баллам.

Так, в группе с применением БАД «ДОППЕЛЬГЕРЦ® V.I.P. ОФТАЛЬМОВИТ» наблюдалось постепенное снижение выраженности признаков астенопии по опроснику CISS ($p < 0,001$). В контрольной группе статистически значимых изменений не зафиксировано, $p = 0,125$ (табл. 9).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В патогенезе развития ССГ одной из весомых причин является гиповитаминоз, и, как следствие этого, важной составляющей в комплексном лечении данного недуга является сбалансированный прием витаминов и микроэлементов. Предпочтение следует отдавать препаратам, которые в своем составе содержат различные вещества, такие как антиоксиданты, мембраностабилизаторы и кератопротекторы. Таким препаратом является биологически активная добавка к пище «ДОППЕЛЬГЕРЦ® V.I.P. ОФТАЛЬМОВИТ», рекомендуемая к применению по 1 капсуле в день во время приема пищи.

Основываясь на результатах проведенного исследования, а также на данных зарубежных и отечественных авторов, можно сказать, что биологически активные добавки к пище могут служить дополнительным источником витаминов и микроэлементов, дефицит которых — одна из составляющих причин патогенеза синдрома сухого глаза. Учитывая вышеизложенное, можно рекомендовать прием БАД «ДОППЕЛЬГЕРЦ® V.I.P. ОФТАЛЬМОВИТ» по 1 капсуле 1 раз в день в течение 2 месяцев в комплексной терапии пациентов с ССГ.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Саховская Н.А. — сбор и обработка материала, написание текста рукописи;
Казакова К.А. — обработка материала, редактирование текста рукописи;
Фролов М.А. — концепция и дизайн исследования, редактирование текста рукописи;
Лучин В.С. — концепция и дизайн исследования;
Воробьева И.В. — редактирование текста рукописи;
Беляева Е.С. — сбор и обработка материала;
Фролов А.М. — концепция и дизайн исследования.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Проскурина ОВ, Тарутта ЕП, Иомдина ЕН. Актуальная классификация астенопии: клинические формы и стадии. Российский офтальмологический журнал. 2016;9(4):69–73.
Proskurina OV, Tarutta EP, Iomdina EN, Strakhov VV, Brezhsky VV. A modern classification of asthenopias: clinical forms and stages. Russian Ophthalmological Journal. 2016;9(4):69–73 (In Russ.). doi: 10.21516/2072-0076-2016-9-4-69-73.
2. Татарникова ЕВ, Кривошеина ОИ. Современные тенденции лечения синдрома «сухого глаза». Клиническая офтальмология. 2021;21(1):18–23.
Tatarnikova EV, Krivosheina OI. Current treatment modalities for dry eye disease. Russian Journal of Clinical Ophthalmology. 2021;21(1):18–23 (In Russ.). doi: 10.32364/2311-7729-2021-21-1-18-23.
3. Бржеский ВВ, Попов ВЮ, Калинина ИВ. Эффективность 0,01% раствора дексаметазона в комплексной терапии больных с синдромом «сухого глаза». Офтальмологические ведомости. 2016;9(3):32–44.
Brzheskiy VV, Popov VYu, Kalinina IV. Efficacy of 0.01% Dexamethasone solution in comprehensive therapy Of Dry eye Disease. Ophthalmology journal 2016;9(3):32–44 (In Russ.). doi: 10.17816/OV9332-44.
4. Рикс ИА. Применение циклоспорина при синдроме «сухого глаза». Офтальмологические ведомости. 2019;12(3):75–82.
Riks IA. Cyclosporine use in "dry eye" syndrome. Ophthalmology journal 2019;12(3):75–82 (In Russ.). doi: 10.17816/OV15853.
5. De Paiva CS, Pflugfelder SC, Ng SM, Akpek EK. Topical cyclosporine A therapy for dry eye syndrome. Cochrane Database Syst Rev. 2019 Sep 13;9(9):CD010051. doi: 10.1002/14651858.CD010051.pub2.
6. Егоров ЕА. Особенности терапии синдрома «сухого глаза». Клиническая офтальмология. 2018;3:146–149.
Egorov EA. Features of dry eye syndrome treatment. Clinical ophthalmology. 2018;3:146–149 (In Russ.). doi: 10.21689/2311-7729-2018-18-3-146-149.

7. Tao T, Tao L. Systematic review and meta-analysis of treating meibomian gland dysfunction with azithromycin. *Eye (Lond)*. 2020;34(10):1797–1808. doi: 10.1038/s41433-020-0876-2.
8. Wang L, Cao K, Wei Z. Autologous serum eye drops versus artificial tear drops for dry eye disease: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Ophthalmic Res*. 2020;63(5):443–451. doi: 10.1159/000505630.24.
9. Alio JL, Rodriguez AE., Ferreira-Oliveira R. Treatment of Dry Eye Disease with Autologous Platelet-Rich Plasma: A Prospective, Interventional, Non-Randomized Study. 2017;6(2):285–293. doi: 10.1007/s40123-017-0100-z.
10. McDonald MB, Sheha H, Tighe S. Treatment outcomes in the Dry Eye Amniotic Membrane (DREAM) study. *Clin Ophthalmol*. 2018;9(12):677–681. doi: 10.2147/OPTH.S162203.
11. Shigeyasu C, Hirano S, Akune Y, Yamada M. Diquafosol tetrasodium increases the concentration of mucin-like substances in tears of healthy human subjects. *Current eye research*. 2015;40(9):878–883. doi: 10.3109/02713683.2014.967871.2.
12. Schröder A, Abrar DB, Hampel U. In vitro effects of sex hormones in human meibomian gland epithelial cells. *Exp Eye Res*. 2016;151:190–202. doi: 10.1016/j.exer.2016.08.009.
13. Farhangi M, Cheng AM, Baksh B. Effect of non-invasive intranasal neurostimulation on tear volume, dryness and ocular pain. *Br J Ophthalmol*. 2019 Dec 12. pii: bjophthalmol-2019-315065. doi: 10.1136/bjophthalmol-2019-315065.
14. Kossler AL, Brinton M, Patel ZM. Chronic Electrical Stimulation for Tear Secretion: Lacrimal vs. anterior ethmoidal nerve. *Ocul Surf*. 2019;17(4):822–827. doi: 10.1016/j.jtos.2019.08.012.
15. Honkanen R, Huang W, Huang L. A New Rabbit Model of Chronic Dry Eye Disease Induced by Complete Surgical Dacryoadenectomy. *Curr Eye Res*. 2019;44(8):863–872. doi: 10.1080/02713683.2019.1594933.
16. Su JZ, Zheng B, Liu XJ. Quality of Life and Patient Satisfaction After Submandibular Gland Transplantation in Patients With Severe Dry Eye Disease. *Ocul Surf*. 2019;17(3):470–475. doi: 10.1016/j.jtos.2019.04.007.
17. Kobashi H, Kamiya K, Sambe T, Nakagawa R. Factors influencing subjective symptoms in dry eye disease. *Int J Ophthalmol*. 2018;18(12):1926–1931. doi: 10.18240/ijo.2018.12.08.
18. Molina-Leyva I, Molina-Leyva AO, Bueno-Cavanillas A. Efficacy of dietary supplements with omega-3 and omega-6 fatty acids in dry eye syndrome: a systematic review of clinical trials. *Nouvoe v oftalmologii*. 2019;1:56–60.
19. Беляева ЕС, Саховская НА, Фролов МА, Гавриленко ТИ. Полиненасыщенные жирные кислоты в офтальмологии. Эффективная фармакотерапия. 2023;19(46):34–36. Belyaeva ES, Sakhovskaya NA, Frolov MA, Gavrilenko TI. Polyunsaturated Fatty Acids in Ophthalmology. Effective pharmacotherapy. 2023;19(46):34–36 (In Russ.). doi: 10.33978/2307-3586-2023-19-46-34-36.
20. Беляева ЕС, Саховская НА, Фролов МА. Влияние витаминов и микроэлементов на орган зрения. Эффективная фармакотерапия. 2024;20(47):36–38. Belyaeva ES, Sakhovskaya NA, Frolov MA, The Influence of Vitamins and Microelements on the Organ of Vision. Effective pharmacotherapy. 2024;20(47):36–38 (In Russ.). doi: 10.33978/2307-3586-2024-20-47-36-38.
21. The Dry Eye Assessment and Management Study Research Group. N–3 Fatty Acid Supplementation for the Treatment of Dry Eye Disease. *N Engl J Med*. 2018;378:1681–1690. doi: 10.1056/NEJMoa1709691.
22. Прозорный АА, Кривошеин АЕ, Русановский ВВ. Использование препаратов группы омега-3 и омега-6 жирных кислот в лечении синдрома сухого глаза. Материалы всероссийского научного форума студентов с международным участием «Студенческая наука — 2021». 2021;4(S1):913. Prozorny AA, Krivoshein AE, Rusanovsky VV. The use of omega-3 and omega-6 fatty acid preparations in the treatment of dry eye syndrome. Proceedings of the All-Russian Student Scientific Forum with International Participation “Student Science — 2021”. 2021;4(S1):913 (In Russ.).
23. Бржецкий ВВ, Голубев СЮ, Лебедев ОИ, Миллюдин ЕС, Апостолова АС, Суоров АВ, Ефимова ЕЛ, Варлашина ЕВ, Горбачевская ИН, Кириченко ВО. Новые возможности комплексной терапии больных с синдромом сухого глаза различной этиологии. Офтальмология. Восточная Европа. 2022;12(1):151–163. Brzhesky VV, Golubev SYu, Lebedev OI, Milyudin ES, Apostolova AS, Surov AV, Efimova EL, Varlashina EV, Gorbachevskaya IN, Kirichenko VO. New possibilities of complex therapy of patients with dry eye syndrome of various etiologies. *Ophthalmology. Eastern Europe*. 2022;12(1):151–163 (In Russ.).
24. Patel S, Murray D, McKenzie A, Shearer DS, McGrath BD. Effects of fluorescein on tear break-up time and on tear timing time. *Am J Optom and Physiol*, 1985; 62(3):188–190. doi: 10.1097/00006324-198503000-00006.
25. Вейс Дж, Мейлер Дж, Дэвис Я. Основы контактной коррекции зрения. Оценка слезной пленки. Репринт издания. Современная оптометрия. 2013;8:14–21. Weiss J, Mailer J, Davis Y. Basics of contact vision correction. Evaluation of the tear film. Reprint of the publication: *Modern Optometry*. 2013;8:14–21 (In Russ.).
26. Tiffany JM. Composition and biophysical properties of the tear film: knowledge and uncertainty. *Adv Exp Med Biol*. 1994;350:231–238. doi: 10.1007/978-1-4615-2417-5_40.
27. Guillon JP. Tear film structure and contact lenses. In: Holly FJ (Ed) *The Preocular Tear Film in Health, Disease and Contact Lens Wear*. 1986;85:815–939. (Lubbock, Texas: Dry Eye Institute).
28. Егорова ЕЮ, Юдина НВ, Громова ОА. Эффективность сочетанной микронутриентной коррекции с использованием препарата фокус. Случай из практики. Офтальмология. 2011;8(3):57–61. Egorova EYu, Yudina NV, Gromova OA. The efficiency of combined micronutrients correcting therapy with preparation Focus. Case report. *Ophthalmology in Russia*. 2011;8(3):57–61 (In Russ.).
29. Захарова МА, Куроедов АВ. Применение антиоксидантов в комплексной терапии компьютерного зрительного синдрома. РМЖ. Клиническая офтальмология. 2016;16(1):54–59. Zakharova MA, Kuroedov AV. Use of antioxidants in complex therapy of computer vision syndrome. *RMJ. Clinical ophthalmology*. 2016;16(1):54–59 (In Russ.).
30. Фролов МА, Саховская НА, Казакова КА, Лучин ВС, Гавриленко ТИ. Результаты применения биологически активных добавок к пище у детей с признаками астении и астенопии. Медицинский совет. 2024;18(11):145–154. Frolov MA, Sakhovskaya NA, Kazakova KA, Luchin VS, Gavrilenko TI. Results of the use of biologically active food additives in children with chronic asthenia and asthenopia. *Medical advice*. 2024;18(11):145–154 (In Russ.). doi: 10.21518/ms2024-263.
31. Саховская НА, Фролов МА, Казакова КА, Колодкина МГ. История развития пупиллографии и возможности ее применения в современной офтальмологии. Офтальмология. 2022;19(3):475–481. Sakhovskaya NA, Frolov MA, Kazakova KA, Kolodkina MG. History of the development of pupillography and the possibility of its application in modern ophthalmology. *Ophthalmology in Russia*. 2022;19(3):475–481 (In Russ.). doi: 10.18008/1816-5095-2022-3-475-481.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Саховская Наталья Анатольевна
кандидат медицинских наук, врач-офтальмолог, ассистент кафедры
глазных болезней
<https://orcid.org/0000-0002-2637-4700>

Фролов Михаил Александрович
доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой глазных болезней
<https://orcid.org/0000-0002-9833-6236>

Казакова Ксения Александровна
кандидат медицинских наук, врач-офтальмолог
<https://orcid.org/0000-0002-2747-1852>

Лучин Вадим Сергеевич
руководитель отдела обучения компании ООО «КвайссерФарма»
<https://orcid.org/0000-0002-1182-0069>

Воробыева Ирина Витальевна
доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры глазных болезней
<https://orcid.org/0000-0002-9833-6236>

Беляева Елена Сергеевна
врач-офтальмолог, ассистент кафедры глазных болезней
<https://orcid.org/0000-0002-6939-9588>

Фролов Александр Михайлович
кандидат медицинских наук, врач-офтальмолог, доцент кафедры
глазных болезней
<https://orcid.org/0000-0003-0988-1361>

ABOUT THE AUTHORS

Sakhovskaya Natalia A.
PhD, ophthalmologist, assistant of the Ophthalmology Department
<https://orcid.org/0000-0002-2637-4700>

Frolov Michael A.
MD, professor, head of the Ophthalmology Department
<https://orcid.org/0000-0002-9833-6236>

Kazakova Ksenia A.
PhD, chief physician, ophthalmologist
<https://orcid.org/0000-0002-2747-1852>

Luchin Vadim S.
head of the Training Department in Queisser Pharma LLC
<https://orcid.org/0000-0002-1182-0069>

Vorobyeva Irina V.
MD, Professor, Professor of the Ophthalmology Department
<https://orcid.org/0000-0002-9833-6236>

Belyaeva Elena S.
ophthalmologist, assistant of the Ophthalmology Department
<https://orcid.org/0000-0002-6939-9588>

Frolov Alexander M.
ophthalmologist, Associate Professor of the Ophthalmology Department
<https://orcid.org/0000-0003-0988-1361>

Оптические и морфометрические характеристики роговицы и передней камеры глаза кроликов породы советская шиншилла

А.А. Долбилкин¹Т.Н. Юрьева^{1,2,3}Е.А. Лозовская⁴С.Б. Никифоров⁴А.В. Григорьева¹, Д.Ю. Самсонов¹

¹ Иркутский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. Лермонтова, 337, Иркутск, 664017, Российская Федерация

² ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. Красного Восстания, 1, Иркутск, 664003, Российская Федерация

³ Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования —
филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
м-н Юбилейный, 100, Иркутск, 664049, Российская Федерация

⁴ ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии» Министерства науки и высшего образования
ул. Борцов Революции, 1, Иркутск, 664003, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2026;23(1):186–194

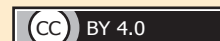
Цель: изучить параметры роговицы и передней камеры глаза кролика породы советская шиншилла путем Шаймпфлюг-визуализации, ОКТ переднего отрезка глаза и эндотелиальной микроскопии. **Методы.** На 30 глазах 30 мужских особей кролика провели фоторегистрацию, шаймпфлюг-томографию, ОКТ, эндотелиальную биомикроскопию роговицы в условиях внутривенного наркоза. Статистическая обработка данных производилась при помощи программного пакета SPSS 26.0. **Результаты.** Полученные данные оптических и морфометрических параметров соответствовали аналогичным параметрам новозеландского белого кролика. В 32,5 % площадь клеток находилась в диапазоне от 400 до 500 мкм², в 31,9 % — в пределах 300–400 мкм², в 11,6 и 14,0 % находилась в пределах 200–300 и 500–600 мкм² соответственно. Большинство клеток (56,6 %) было представлено гексагональными, 20,3 % — пентагональными и 16,6 % — гептагональными клетками. Величина обратного светорассеивания роговицы уменьшается во всех слоях от центра к периферии. По данным ОКТ, средняя толщина эпителия роговицы кролика составила 44,19 ± 5,10 мкм, средняя толщина стромы — 343,23 ± 41,40 мкм, толщина роговицы в целом в центральной зоне — 388,37 ± 41,45 мкм. Данные корреляционного анализа показали наличие сильной и умеренной взаимосвязи объема передней камеры, диаметра зрачка и величины радужно-роговичного угла. **Заключение.** Оптические и морфометрические характеристики роговицы и передней камеры глаза кроликов породы советская шиншилла могут быть полезны при планировании экспериментов с использованием данных животных в офтальмологии. Не было выявлено значимых различий в рефракционных и морфологических свойствах роговицы между кроликами породы советская шиншилла и новозеландским белым кроликом. Представляет интерес обнаруженная при помощи корреляционного анализа прямая взаимосвязь объема передней камеры, диаметра зрачка и величины радужно-роговичного угла, что значимо для гидродинамики водянистой влаги и хирургических манипуляций на переднем отрезке глаза.

Ключевые слова: глаз, роговица, кролик

Для цитирования: Долбилкин А.А., Юрьева Т.Н., Лозовская Е.А., Никифоров С.Б., Григорьева А.В., Самсонов Д.Ю. Оптические и морфометрические характеристики роговицы и передней камеры глаза кроликов породы советская шиншилла. *Офтальмология*. 2026;23(1):186–194. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-186-194>

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

Конфликт интересов отсутствует.



Optical and Morphometric Characteristics of the Cornea and Anterior Chamber of the Eye of Soviet Chinchilla Rabbits

A.A. Dolbilkin¹, T.N. Iureva^{1,2,3}, Ye.A. Lozovskaya⁴, S.B. Nikiforov⁴, A.V. Grigorieva¹, D.Yu. Samsonov¹

¹ Irkutsk Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Lermontov str., 337, Irkutsk, 664017, Russian Federation

² Irkutsk State Medical University
Krasnogo vosstaniya str., 1, Irkutsk, 664003, Russian Federation

³ Irkutsk State Medical Academy of postgraduate education — Branch of the Additional Professional Education
“Russian Medical Academy of Continuing Professional Education”
Yubileiniy dstr., 100, Irkutsk, 664049, Russian Federation

⁴ Irkutsk Scientific Center of Surgery and Traumatology
Bortsov revolyutsii str., 1, Irkutsk, 664003, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2026;23(1):186–194

Purpose: to study the parameters of the cornea and anterior chamber of the Soviet Chinchilla rabbit by Scheimpflug imaging, OCT of the anterior segment and endothelial biomicroscopy. **Methods.** Photoregistration, scheimpflug tomography, OCT, and endothelial biomicroscopy of the cornea under intravenous anesthesia were performed on 30 eyes of 30 male rabbits. Statistical data processing was performed using the SPSS 26.0 software package. **Results.** The obtained data of optical and morphometric parameters corresponded to similar parameters of the New Zealand white rabbit. In 32.5 %, the cell area was in the range from 400 to 500 microns, in 31.9 % — in the range of 300–400 microns, and in 11.6 % and 14.0 % it was in the range of 200–300 and 500–600 microns, respectively. The majority of cells (56.6 %) were represented by hexagonal cells, 20.3 % — pentagonal and 16.6 % — heptagonal. The amount of reverse light scattering of the cornea decreases in all layers from the center to the periphery. According to OCT data, the average thickness of the rabbit cornea epithelium was 44.19 ± 5.10 microns, the average thickness of the stroma was 343.23 ± 41.40 microns, the thickness of the cornea as a whole in the central zone was 388.37 ± 41.45 microns. The correlation analysis data showed the presence of a strong and moderate relationship between the volume of the anterior chamber, the diameter of the pupil and the magnitude of the iridocorneal angle. **Conclusion.** Optical and morphometric characteristics of the cornea and anterior chamber of the Soviet Chinchilla rabbits eye can be useful in planning experiments using these animals in ophthalmology. There were no significant differences in the refractive and morphological properties of the cornea between rabbits of the Soviet Chinchilla breed and the New Zealand white rabbit. The direct relationship between the volume of the anterior chamber, the diameter of the pupil and the magnitude of the iridocorneal angle, which is significant for the hydrodynamics of watery moisture and surgical manipulations on the anterior segment, is of interest.

Keywords: eye, cornea, rabbit

For citation: Dolbilkin A.A., Iureva T.N., Lozovskaya Ye.A., Nikiforov S.B., Grigorieva A.V., Samsonov D.Yu. Optical and Morphometric Characteristics of the Cornea and Anterior Chamber of the Eye of Soviet Chinchilla Rabbits. *Ophthalmology in Russia*. 2026;23(1):186–194. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-186-194>

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

There is no conflict of interests.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Кролики являются классическими экспериментальными животными в глазной хирургии. Профессор J. Chisolm еще в 1888 г. объяснял свой выбор донорского материала для передней послойной кератопластики от животного к человеку следующим образом: «Кролик был выбран потому, что это животное легко приобрести, с ним удобно производить манипуляции, а также у кролика большие глаза» [1]. Роговица кроликов также являлась предметом изучения гистологов и патофизиологов в XIX–XX вв., течение воспалительного процесса было удобно исследовать на прозрачном субстрате [2, 3]. Однако роговица кролика отличается от человеческой не только размерами и рефракционными свойствами, но и ультраструктурно: у данного вида отсутствует Боуменова мембрана [4, 5], эндотелий роговицы кроликов, в отличие от человеческого,

способен регенерировать [6]. Процесс эмбрионального развития роговицы кролика и ее гистологическая картина в настоящее время хорошо описаны [7].

Важно отметить, что чаще всего исследователи используют в экспериментах новозеландского белого кролика, поскольку для этой породы известны морфогенетические параметры глазных оболочек [8]. Данные рефрактометрии и визуализации переднего отрезка глаза новозеландского белого кролика по данным Шаймпфлюг-томографии также представлены в ряде публикаций [9–11]. Вместе с тем на территории Российской Федерации и СНГ авторы отдают предпочтение породе советская шиншилла, которая была выведена в НИИ пушного звероводства и кролиководства совместно со зверосовхозами Новосибирской и Саратовской областей в первой половине XX в. [12–18]. Эта порода хорошо изучена в рамках ветеринарной медицины, однако

в такой узкой области, как офтальмология, не хватает данных о параметрах глазного яблока, нельзя исключать, что между новозеландским белым кроликом-альбином и советской шиншилой существуют различия. Данное обстоятельство обусловило актуальность настоящего исследования.

Цель: изучить параметры роговицы и передней камеры глаза кролика породы советская шиншилла путем Шаймпфлюг-визуализации, ОКТ переднего отрезка глаза и эндотелиальной микроскопии.

Таблица 1. Параметры роговицы кролика по данным эндотелиальной микроскопии

Table 1. Parameters of the rabbit cornea according to endothelial microscopy data

Показатели / Values	M ± SD	95 % ДИ	min	max
Толщина роговицы в центральной зоне, мкм / CCT — central corneal thickness (um)	388,70 ± 41,36	373,25–404,15	328,00	478,00
Плотность эндотелиальных клеток, клеток/мм ² / CD — cell density (cells/mm ²)	2383,63 ± 274,39	2281,17–2486,09	1919,00	2917,00
Средняя площадь клетки, мм ² / AVG — average cell area (mm ²)	424,63 ± 49,12	406,29–442,98	343,00	521,00
Максимальная площадь, мм ² / Max cell area (um ²)	1121,10 ± 452,68	952,07–1290,13	621,00	2766,00
Минимальная площадь, мм ² / Min cell area (um ²)	143,17 ± 33,18	130,78–155,56	93,00	213,00



Рис. 1. Фотография переднего отрезка глаза (положение век правильное, кожа покрыта шерстью и ресницами. Интрамаргинальные пространства век и край мигательной перепонки (третьего века) умеренно пигментированы, патологического скопления секрета сальных и слезных желез не наблюдается. Конъюнктива бледно-розовая, патологического отделяемого нет. Роговица прозрачная, блестящая. Передняя камера мелкая, влага прозрачная. Радужка пигментирована, губчатого типа, зрачок вертикально-овальной формы 6×4,5 мм, хрусталик прозрачный)

Fig. 1. Photo of the front segment of the eyelids is correct, the skin is covered with hair and eyelashes. The intravaginal spaces of the eyelids and the edge of the nictitating membrane (third eyelid) are moderately pigmented, pathological accumulation of sebaceous and lacrimal glands is not observed. The conjunctiva is pale pink, there is no pathological discharge. The cornea is transparent and shiny. The front camera is shallow, the moisture is transparent. The iris is pigmented, spongy, the pupil is vertically oval in shape 6×4.5 mm, the lens is transparent)

МЕТОДЫ

В рамках экспериментального исследования по тектонической кератопластике было обследовано 30 глаз (15 правых и 15 левых) от 30 кроликов породы советская шиншилла. Все особи являлись половозрелыми самцами. Средний возраст составил $14,00 \pm 1,11$ месяца, средняя живая масса — $4,82 \pm 0,57$ кг. Животные были подвергнуты внутривенному наркозу препаратом «Золетил» через венозный доступ на передней лапе. Осмотр и фоторегистрация переднего отрезка глаза проводились на щелевой лампе Haag-Streit BX 900 (Koeniz, Швейцария) и цифровом зеркальном фотоаппарате Canon EOS 7D. Исследования глазной поверхности осуществлялись при помощи Шаймпфлюг-камеры Oculus Pentacam AXL (Wetzlar, Германия), эндотелиального микроскопа TOMEY specular microscope EM-3000 (Nagoya, Япония) и оптического когерентного томографа Optovue HR Avanti (Fremont, США). Статистическая обработка данных производилась при помощи программного пакета SPSS 26.0 (IBM Corporation). Количественные показатели, имеющие нормальное распределение, описывались с помощью средних арифметических величин (M) и стандартных отклонений (SD), границ 95 % доверительного интервала (95 % ДИ). Направление и теснота корреляционной связи между двумя количественными показателями оценивались с помощью коэффициента корреляции Пирсона (при нормальном распределении сопоставляемых показателей).

РЕЗУЛЬТАТЫ

По данным наружного осмотра, биомикроскопии и фоторегистрации переднего отрезка глаза не было обнаружено признаков патологических изменений глазного яблока и придаточного аппарата у экспериментальных животных (рис. 1).

Параметры роговицы, полученные при помощи эндотелиальной микроскопии, представлены в таблице 1. Для наглядности протокол эндотелиальной микроскопии представлен на рисунке 2. Полимегацитизм и плеоморфизм эндотелиальных клеток проиллюстрирован на соответствующих диаграммах (рис. 3 и 4). В 32,5 % площадь клеток находится в диапазоне от 400 до 500 мкм², в 31,9 % — 300–400 мкм², а в 11,6 и 14,0 % — 200–300 и 500–600 мкм². Большинство клеток (56,6 %) представлено гексагональными, 20,3 % — пентагональными и 16,6 % — гептагональными.

Обобщенные результаты Шаймпфлюг-сканирования представлены в таблице 2. Показатели денситометрии во всех слоях уменьшаются от центра к периферии. Примеры протоколов Шаймпфлюг-томографии с показателями толщины роговицы и денситометрии (обратного светорассеивания роговицы) представлены на рисунках 5 и 6. Представленные оптические и морфометрические параметры по данным литературы соответствовали аналогичным параметрам новозеландского белого кролика [10].

Рис. 2. Протокол эндотелиальной микроскопии: А — демонстрирует границы эндотелиальных клеток, распознанных в автоматическом режиме, на данном скане проанализирована 251 клетка, плотность клеток (CD) составила 2431 на мм², средняя площадь клетки (AVG) — 411 мкм², стандартное отклонение (SD) — 81 мкм², коэффициент вариации (CV) — 20 %, максимальная площадь составила 906 мкм², а минимальная — 148 мкм²; В — иллюстрирует изменчивость формы клеток, на данном скане большинство клеток (71 %) являются шестиугольными, 14 % клеток — семиугольными, 12 % клеток — восьмиугольными, оставшиеся 3 % представлены единичными клетками с иным количеством граней; С — показывает распределение клеток в зависимости от их площади, в большинстве случаев площадь эндотелиоцитов находилась в пределах 400–500 мкм² (43 %) и 300–400 мкм² (39 %)

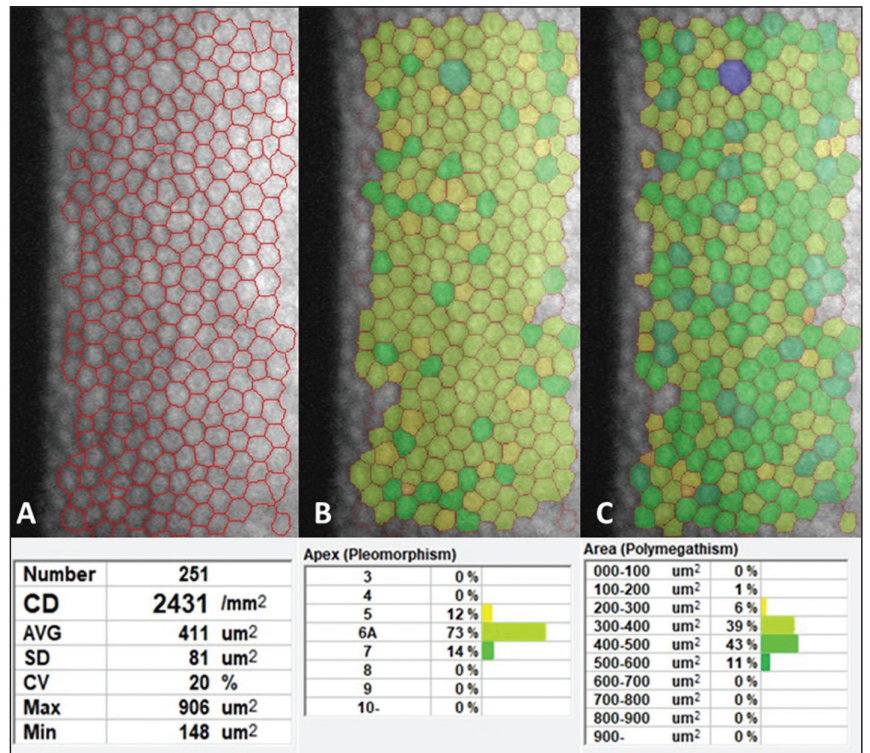


Fig. 2. Protocol of endothelial microscopy: A — demonstrates the boundaries of endothelial cells recognized in automatic mode, 251 cells were analyzed on this scan, the cell density (CD) was 2431 per mm², the average cell area (AVG) was 411 microns, the standard deviation (SD) was 81 microns, the coefficient of variation (CV) was 20 %, the maximum area was 906 mm², and the minimum is 148 mm²; B — illustrates the variability of the cell shape, in this scan the majority of cells (71 %) are hexagonal, 14 % of cells are heptagonal, 12 % of cells are octagonal, the remaining 3 % are represented by single cells with a different number of faces; C — shows the distribution of cells depending on their area, in most cases the area of endotheliocytes was in the range of 400–500 mm² (43 %) and 300–400 mm² (39 %)

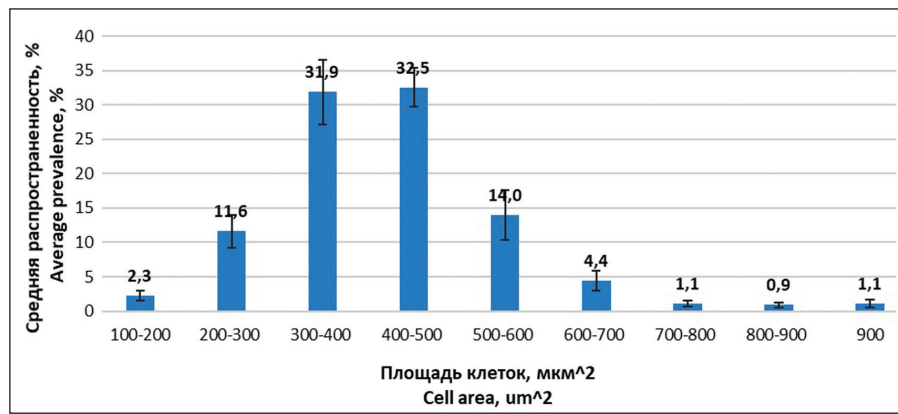


Рис. 3. Полимегатизм (по вертикальной оси представлена средняя распространенность типов эндотелиальных клеток в процентном соотношении, по горизонтальной оси — диапазоны площадей (мкм²), в которые сгруппированы клетки)

Fig. 3. Polymegathism (the vertical axis shows the average prevalence of endothelial cell types as a percentage, while the horizontal axis shows the ranges of areas (mm²) into which cells are grouped)

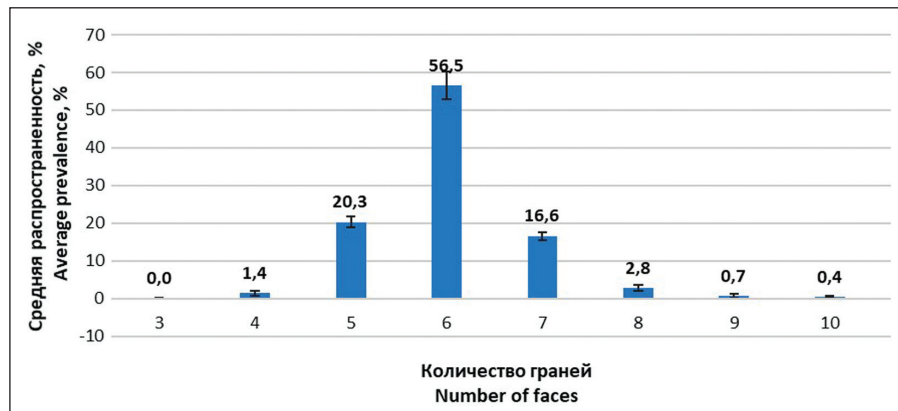


Рис. 4. Плеоморфизм (по вертикальной оси представлена средняя распространенность типов эндотелиальных клеток в процентном соотношении, по горизонтальной оси — количество граней эндотелиоцитов)

Fig. 4. Pleomorphism (the vertical axis shows the average prevalence of endothelial cell types as a percentage, the horizontal axis shows the number of endotheliocyte faces)

Таблица 2. Параметры роговицы кролика по данным Шаймпфлюг-томографии**Table 2.** Parameters of the rabbit cornea according to Scheimpflug tomography

Показатели Values	M ± SD	95 % ДИ	min	max
Глубина передней камеры, мм / Anterior chamber depth, mm	2,86 ± 0,12	2,81–2,90	2,54	3,10
Горизонтальный диаметр роговицы, мм/ HWTW diameter, mm	14,05 ± 0,79	13,76–14,34	12,30	15,10
Объем передней камеры, мм ³ / Chamber volume, mm ³	211,97 ± 18,99	204,87–219,06	180,00	251,00
Объем роговицы, мм ³ / Cornea volume, mm ³	38,38 ± 3,48	37,08–39,68	32,40	44,50
Толщина роговицы в зоне середины зрачка, мкм / Pupil center, um	398,93 ± 40,80	383,70–414,17	335,00	485,00
Наиболее тонкая часть роговицы, мкм / Thinnest, um	381,53 ± 37,36	367,58–395,48	313,00	466,00
Величина радужно-роговичного угла, ° / Angle, °	33,93 ± 6,42	31,53–36,32	23,00	46,30
Ширина зрачка, мм / Pupil diameter, mm	6,27 ± 0,82	5,97–6,58	4,59	7,59
Толщина хрусталика, мм / Lens thickness, mm	3,67 ± 0,56	2,77–4,56	3,12	4,45
Передняя поверхность роговицы / Cornea Front				
Пологий меридиан, дптр / K1, dptr	42,46 ± 1,58	41,87–43,05	39,00	45,00
Крутой меридиан, дптр / K2, dptr	43,22 ± 2,27	42,38–44,07	33,50	45,70
Среднее значение, дптр / Km, dptr	42,84 ± 1,58	42,25–43,44	38,90	45,35
Радиус кривизны в пологом меридиане, мм / R1, mm	7,96 ± 0,31	7,85–8,08	7,50	8,66
Радиус кривизны в крутом меридиане, мм / R2, mm	7,75 ± 0,24	7,66–7,84	7,39	8,37
Среднее значение, мм / Rm, mm	7,86 ± 0,27	7,76–7,96	7,45	8,51
Астигматизм, дптр / Ast, dptr	1,15 ± 0,68	0,89–1,40	0,00	2,70
Ось, ° / Axis, °	85,63 ± 47,22	68,00–103,26	0,80	167,80
Задняя поверхность роговицы / Cornea Back				
Пологий меридиан, дптр / K1, dptr	-5,41 ± 0,23	-5,49–5,32	-5,80	-4,70
Крутой меридиан, дптр / K2, dptr	-5,67 ± 0,20	-5,74–5,59	-6,20	-5,20
Среднее значение, дптр / Km, dptr	-5,54 ± 0,18	-5,61–5,47	-5,85	-5,10
Радиус кривизны в пологом меридиане, мм / R1, mm	7,41 ± 0,33	7,29–7,54	6,90	8,55
Радиус кривизны в крутом меридиане, мм / R2, mm	6,94 ± 0,77	6,66–7,23	3,09	7,74
Среднее значение, мм / Rm, mm	7,18 ± 0,45	7,01–7,35	5,20	7,87
Астигматизм, дптр / Ast, dptr	0,27 ± 0,22	0,19–0,35	0,00	0,90
Ось, ° / Axis, °	88,12 ± 43,05	72,04–104,19	15,80	173,30
Оптическая плотность — передний слой (120 мкм) / Cornea densitometry — anterior layer (120 um)				
0–2 mm, %	33,75 ± 7,38	31,00–36,51	26,20	64,70
2–6 mm, %	29,63 ± 6,15	27,33–31,92	22,10	49,90
6–10 mm, %	20,12 ± 3,37	18,87–21,38	15,50	30,80
10–12 mm, %	14,36 ± 2,42	13,46–15,26	8,90	19,70
Total, %	24,62 ± 4,38	22,99–26,26	19,60	40,40
Оптическая плотность — центральный слой Cornea densitometry — central layer				
0–2 mm, %	23,93 ± 1,85	23,24–24,62	20,20	28,10
2–6 mm, %	20,62 ± 2,00	19,87–21,37	16,00	25,60
6–10 mm, %	15,17 ± 1,82	14,49–15,85	11,00	19,90
10–12 mm, %	12,21 ± 2,18	11,40–13,03	7,80	19,60
Total, %	17,95 ± 1,58	17,36–18,54	14,20	21,80
Оптическая плотность — задний слой (60 мкм) / Cornea densitometry — posterior layer (60 um)				
0–2 mm, %	14,42 ± 2,17	13,61–15,23	9,80	18,00
2–6 mm, %	13,30 ± 2,16	12,49–14,10	9,10	18,30
6–10 mm, %	11,04 ± 1,91	10,35–11,72	7,2	16,2
10–12 mm, %	9,93 ± 2,29	9,08–10,79	6,00	18,20
Total, %	12,19 ± 1,77	11,52–12,85	8,40	15,30
Совокупная оптическая плотность / Cornea densitometry — total				
0–2 mm, %	24,03 ± 3,07	22,89–25,18	20,70	36,90
2–6 mm, %	21,18 ± 2,87	20,11–22,25	15,70	28,70
6–10 mm, %	15,44 ± 2,06	14,67–16,21	11,20	20,50
10–12 mm, %	12,18 ± 2,18	11,37–12,99	7,60	19,20
Total, %	18,26 ± 2,11	17,47–19,04	14,00	24,30

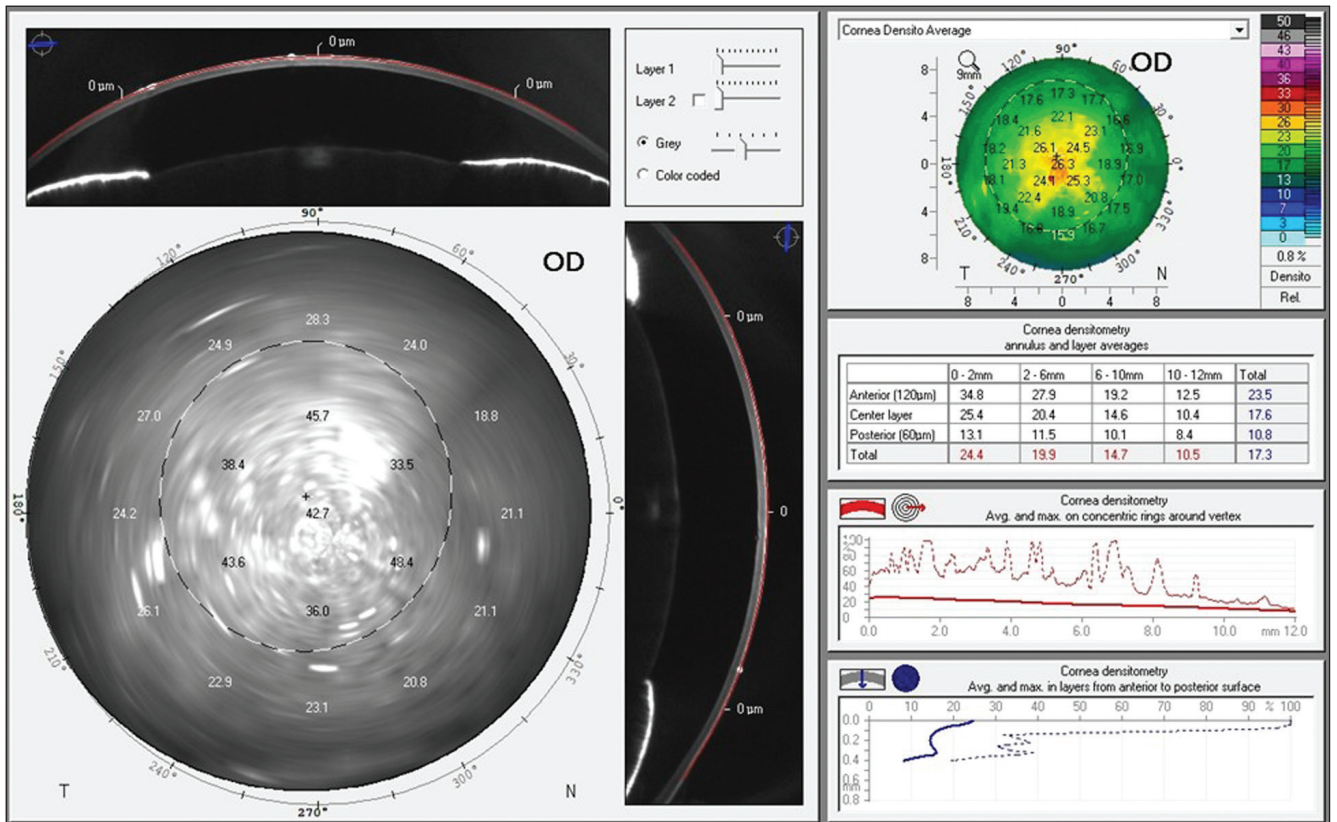


Рис. 5. Клинический пример показателей — карта толщины роговицы по данным Pentacam

Fig. 5. Clinical example of corneal thickness — map according to Pentacam data

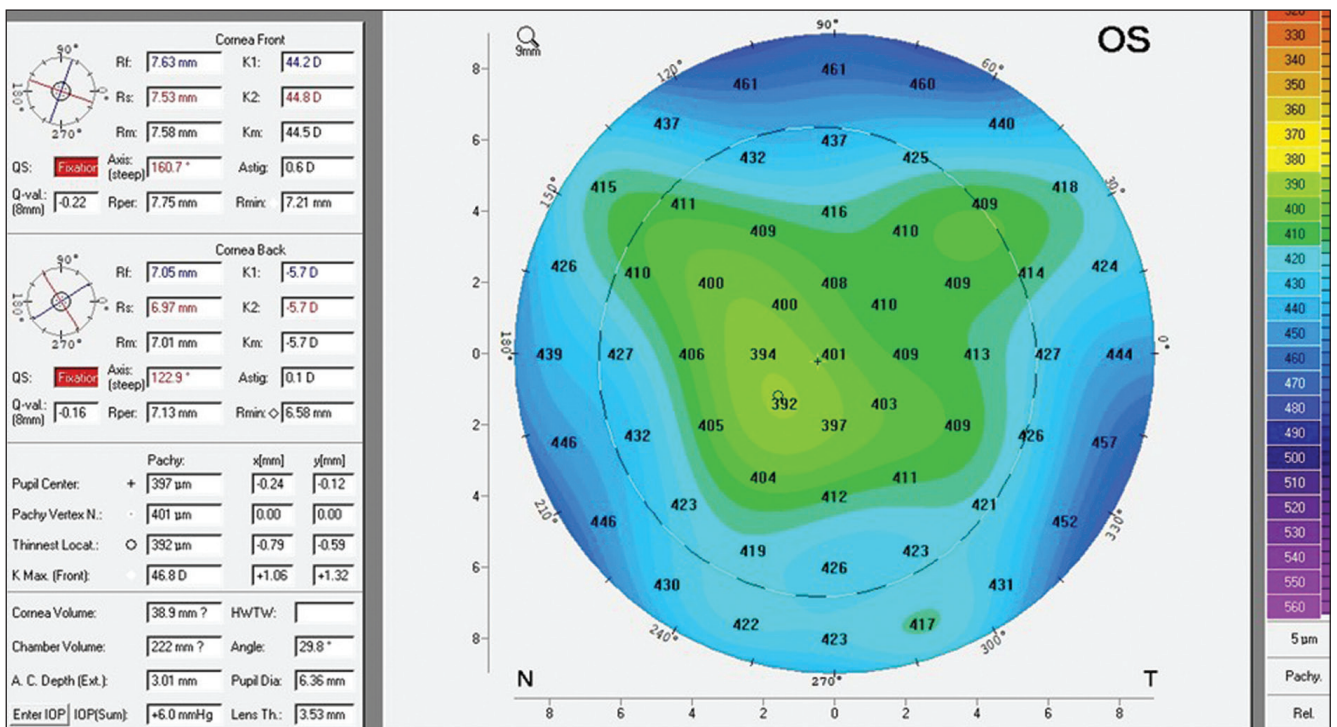


Рис. 6. Клинический пример показателей обратного светорассеивания роговицы по данным Pentacam

Fig. 6. A clinical example of corneal reverse light scattering indicators according to Pentacam data

Таблица 3. Результаты корреляционного анализа взаимосвязи диаметра зрачка и объема передней камеры глаза**Table 3.** The results of the correlation analysis of the relationship between the pupil diameter and the eye anterior chamber volume

Показатель / Value	Характеристика корреляционной связи / Characteristics of the correlation relationship		
	r_{xy}	Теснота связи по шкале Чеддока / Closeness on the Cheddock scale	p
Угол передней камеры — объем передней камеры / Angle — Chamber Volume	0,434	Умеренная / Modern	0,017*
Диаметр зрачка — объем передней камеры / Pupil diameter — Chamber Volume	0,731	Высокая / High	<0,001*

Примечание. * — различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$).
 Note. * — differences in indicators are statistically significant ($p < 0,05$).

Таблица 4. Параметры роговицы кролика по данным ОКТ**Table 4.** Parameters of the rabbit cornea according to OCT

Показатели / Values	M ± SD	95 % ДИ	min	max
Толщина эпителия / Epithelium thickness				
Центральная зона, мкм / Central, um	45,13 ± 6,51	42,81–47,46	31	59
d5 mm S, мкм (um)	44,67 ± 5,92	42,55–46,78	33	59
d7 mm S, мкм (um)	42,43 ± 5,51	40,46–44,41	31	56
d5 mm N, мкм (um)	45,70 ± 6,34	43,43–47,97	32	57
d7 mm N, мкм (um)	44,57 ± 6,11	42,38–46,75	31	59
d5 mm I, мкм (um)	44,93 ± 5,79	42,86–47,01	37	58
d7 mm I, мкм (um)	44,50 ± 6,80	42,07–46,93	28	65
d5 mm T, мкм (um)	43,93 ± 5,50	41,96–45,90	31	57
d7 mm T, мкм (um)	41,83 ± 5,50	39,86–43,80	28	58
Среднее значение мкм / Total, um	44,19 ± 5,10	42,36–46,01	28	65
Толщина стромы / Stroma thickness				
Центральная зона, мкм / Central, um	343,23 ± 41,40	328,42–358,05	271	410
d5 mm S, мкм (um)	351,00 ± 44,05	335,24–366,76	264	425
d7 mm S, мкм (um)	362,37 ± 45,41	346,12–378,62	272	476
d5 mm N, мкм (um)	351,87 ± 40,83	337,26–366,48	284	416
d7 mm N, мкм (um)	367,83 ± 42,05	352,79–382,88	278	433
d5 mm I, мкм (um)	351,37 ± 37,98	337,78–364,96	285	417
d7 mm I, мкм (um)	366,90 ± 43,65	351,28–382,52	278	490
d5 mm T, мкм (um)	346,77 ± 41,94	331,76–361,78	278	414
d7 mm T, мкм (um)	361,67 ± 43,80	345,99–377,34	281	438
Среднее значение мкм / Total, um	355,89 ± 40,44	341,42–370,36	264	490
Толщина роговицы / Cornea thickness				
Центральная зона, мкм / Central, um	388,37 ± 41,45	373,54–403,20	302	453
d5 mm S, мкм (um)	395,67 ± 44,04	379,91–411,43	297	470
d7 mm S, мкм (um)	404,80 ± 45,51	388,51–421,09	359,29	450,31
d5 mm N, мкм (um)	397,57 ± 40,50	383,07–412,06	316	468
d7 mm N, мкм (um)	412,40 ± 42,17	397,31–427,49	309	471
d5 mm I, мкм (um)	396,30 ± 37,56	382,86–409,74	322	459
d7 mm I, мкм (um)	411,40 ± 44,15	395,60–427,20	306	527
d5 mm T, мкм (um)	390,70 ± 41,68	375,78–405,62	309	458
d7 mm T, мкм (um)	403,50 ± 43,12	388,07–418,93	309	475
Среднее значение мкм Total, um	400,08 ± 40,23	385,68–414,47	309,44	471,56

Примечание. Параметры толщины (в мкм) представлены в следующих зонах роговицы: центральной зоне (Central), зоне верхнего сегмента диаметра 5 мм (d5 mm S, Superior), верхнего сегмента диаметра 7 мм (d7 mm S, Superior), внутреннего сегмента диаметра 5 мм (d5 mm N, Nasalis), внутреннего сегмента диаметра 7 мм (d7 mm N, Nasalis), нижнего сегмента диаметра 5 мм (d5 mm I, Inferior), нижнего сегмента диаметра 7 мм (d7 mm I, Inferior), наружного сегмента диаметра 5 мм (d5 mm T, Temporalis), наружного сегмента диаметра 7 мм (d7 mm T, Temporalis), а также среднее значение (Total).

Note. Thickness parameters (in microns) are presented in the following corneal zones: the central zone (Central), the zone of the upper segment with a diameter of 5 mm (d5 mm S, Superior), the upper segment with a diameter of 7 mm (d7 mm S, Superior), the inner segment with a diameter of 5 mm (d5 mm N, Nasalis), the inner segment diameter 7 mm (d7 mm N, Nasalis), lower segment diameter 5 mm (d5 mm I, Inferior), lower segment diameter 7 mm (d7 mm I, Inferior), outer segment diameter 5 mm (d5 mm T, Temporalis), outer segment diameter 7 mm (d7 mm T, Temporalis), as well as the average value (Total).

В результате проведения корреляционного анализа параметров роговицы и передней камеры глаза были обнаружены статистически значимые взаимосвязи: выявлена прямая связь высокой тесноты между диаметром зрачка и объемом передней камеры, а также прямая связь умеренной тесноты между величиной радужно-роговичного угла и объемом передней камеры (табл. 3). Данное обстоятельство может свидетельствовать о хорошей мобильности иридо-хрусталиковой диафрагмы при расширении зрачка у этого животного, что важно учитывать при изучении гидродинамики водянистой влаги в экспериментальных исследованиях, затрагивающих передний отрезок глаза кролика, будь то хирургия катаракты, глаукомы, иридопластика или реконструкция передней камеры.

Параметры роговицы, исследованные при помощи оптической когерентной томографии, представлены в таблице 4 в виде следующих показателей: толщина роговицы, толщина эпителия и толщина стромы. Пример протокола исследования оптической томографии роговицы кролика представлен на рисунке 7. Средняя толщина эпителия роговицы кролика составила $44,19 \pm 5,10$ мкм, средняя толщина стромы — $343,23 \pm 41,40$ мкм, толщина роговицы в целом в центральной зоне — $388,37 \pm 41,45$ мкм. Последняя плавно возрастает от центра к периферии. Толщина эпителия достоверно не различается в зависимости от топографии роговицы. Толщина стромы, в свою очередь, аналогично увеличивается от центра к периферии, что также важно учитывать в экспериментальных исследованиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные нами оптические и морфометрические характеристики роговицы и передней камеры глаза кроликов породы советская шиншилла могут быть полезны в офтальмологии при планировании экспериментов с использованием данных животных. Нами не было выявлено значимых различий в рефракционных и морфологических свойствах роговицы между кроликами породы советская шиншилла и новозеландским белым кроликом. Представляет также

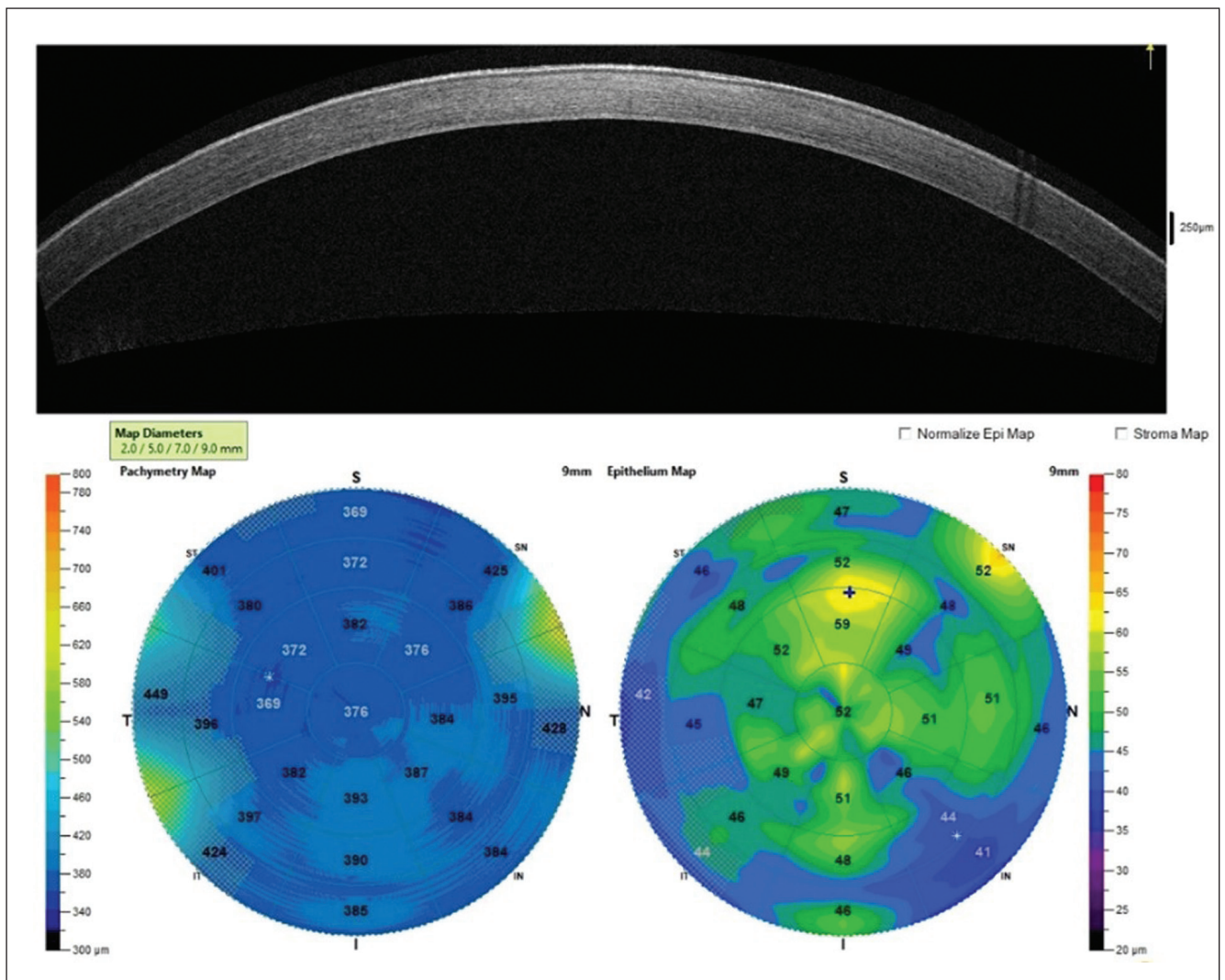


Рис. 7. Протокол исследования оптической томографии роговицы кролика. На сагиттальном срезе отчетливо визуализируется эпителий, основное вещество стромы и десцеметова мембрана с выступающим ее эпителием. Карта толщины (Pachymetry Map) и эпителиальная карта (Epithelium Map) наглядно иллюстрируют рельеф и толщину соответствующих структур

Fig. 7. Protocol for the study of optical tomography of the rabbit cornea. The epithelium, the main substance of the stroma and the Descemet membrane with the epithelium lining it are clearly visualized on the sagittal section. The thickness map (Pachymetry Map) and epithelial map (Epithelium Map) clearly illustrate the relief and thickness of the corresponding structures

интерес обнаруженная при помощи корреляционного анализа прямая взаимосвязь объема передней камеры, диаметра зрачка и величины радужно-роговичного угла, что значимо для гидродинамики водянистой влаги и хирургических манипуляций на переднем отрезке.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Долбилкин А.А. — сбор и обработка материала, написание текста;
Юрьева Т.Н. — научное редактирование;
Лозовская Е.А. — сбор и обработка материала;
Никифоров С.Б. — научное редактирование;
Григорьева А.В. — сбор и обработка материала;
Самсонов Д.Ю. — сбор и обработка материала.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Chisolm JJ. The Successful Transplanting of a Piece of Rabbit's Cornea into the Human Eye, for the Purpose of Restoring Sight to a Blind Man. *Am J Dent Sci.* 1888;22(3):118–124.
- Гайдук ИА. Вклад гистологов научной школы Военно-медицинской академии в исследование десцеметова эпителия. СПб.: Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова, 2023.
Gaiduk IA. Contribution of histologists of the scientific school of the Military Medical Academy to the study of descemetov epithelium. St. Petersburg: Military Medical Academy named after S.M. Kirov, 2023 (In Russ.).
- Moffatt SL, Cartwright VA, Stumpf TH. Centennial review of corneal transplantation. *Clin Exp Ophthalmol.* 2005;33(6):642–657. doi: 10.1111/j.1442-9071.2005.01134.x.
- Wilson SE. The Cornea: No Difference in the Wound Healing Response to Injury Related to Whether, or Not, There's a Bowman's Layer. *Biomolecules.* 2023;13(5):771. doi: 10.3390/biom13050771.
- Wilson SE. Bowman's layer in the cornea- structure and function and regeneration. *Exp Eye Res.* 2020;195:108033. doi: 10.1016/j.exer.2020.108033.
- Petroll WM, Kivanany PB, Hagenasr D, Graham EK. Corneal Fibroblast Migration Patterns During Intrastromal Wound Healing Correlate With ECM Structure and Alignment. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2015;56(12):7352–7361. doi: 10.1167/iovs.15-17978.
- Ibrahim N, Hifny A, Elhanbaly R, El-Desoky SMM, Gaber W. Morphogenetic events influencing corneal maturation, development, and transparency: Light and

- electron microscopic study. *Microsc Res Tech.* 2023;86(5):539–555. doi: 10.1002/jemt.24293.
8. Abdo M, Haddad S, Emam M. Development of the New Zealand White Rabbit Eye: I. Pre- and Postnatal Development of Eye Tunics. *Anat Histol Embryol.* 2017;46(5):423–430. doi: 10.1111/ahel.12284.
 9. Baraya M, Moore J, Lopes BT, Wu R, Bao F, Zheng X, Consejo A, Abass A. Limitations of Reconstructing Pentacam Rabbit Corneal Tomography by Zernike Polynomials. *Bioengineering (Basel).* 2022;10(1):39. doi: 10.3390/bioengineering10010039.
 10. Yüksel H, Türkcü FM, Ari Ş, Çinar Y, Cingü AK, Şahin M, Şahin A, Özkurt Z, Çaçı İ. Anterior segment parameters of rabbits with rotating Scheimpflug camera. *Vet Ophthalmol.* 2015;18(3):210–213. doi: 10.1111/vop.12150.
 11. Vohra M, Gour A, Rajput J, Sangwan B. Burn-Induced Neurotrophic Keratitis Model in New Zealand Rabbit Investigated Using Medical Clinical Readouts and In Vivo Confocal Microscopy (IVCM). *Cells.* 2024;13(5):379. doi: 10.3390/cells13050379.
 12. Шевченко АА, Черных ОЮ, Стрельников ВВ, Шевченко ЛВ. Биологические особенности и болезни нутрий, кроликов. Учебное пособие. Краснодар: КубГАУ, 2008. Shevchenko AA, Chernykh OYu, Strelnikov VV, Shevchenko LV. Biological features and diseases of nutria, rabbits. A study guide. Krasnodar: KubGAU, 2008 (In Russ.).
 13. Федосеева ЕВ, Ченцова НВ, Боровкова НВ. Возможности богатой тромбоцитами плазмы в лечении дефектов роговицы (экспериментальное исследование). *Точка зрения. Восток — Запад.* 2019;1:51–53. Fedoseeva EV, Chentsova NV, Borovkova NV. The possibilities of platelet-rich plasma in the treatment of corneal defects (experimental study). *Point of view. East — West.* 2019;1:51–53 (In Russ.). doi: 10.25276/2410-1257-2019-1-51-53.
 14. Ярмамедов ДМ, Затолокина МА, Липатов ВА. Морфологические аспекты динамики регенерации роговицы при лечении инфицированной травмы различными методами. *Вестник Волгоградского государственного медицинского университета.* 2018;4(68):73–76. Yarmamedov DM, Zatolokina MA, Lipatov VA. Morphological aspects of the dynamics of corneal regeneration in the treatment of infected trauma by various methods. *Bulletin of the Volgograd State Medical University.* 2018;4(68):73–76 (In Russ.). doi: 10.19163/1994-9480-2018-4(68)-73-76.
 15. Германова ВН, Карлова ЕВ, Нефедова ИФ, Радайкина МВ. Экспериментальная модель хронического воспаления тканей глазной поверхности, ассоциированного с медикаментозным лечением глаукомы. *Точка зрения. Восток — Запад.* 2022;2:12–19. Germanova VN, Karlova EV, Nefedova IF, Radaikina MV. Experimental model of chronic inflammation of ocular surface tissues associated with drug treatment of glaucoma. *Point of view. East — West.* 2022;2:12–19 (In Russ.). doi: 10.25276/2410-1257-2022-2-12-19.
 16. Анагычук ЛИ, Пасечникова НВ, Задорожный ОС, Назаретян РЭ. Распределение температуры в различных отделах глаза кролика в зависимости от температуры окружающей среды. *Офтальмология. Восточная Европа.* 2015;4(27):60–68. Anatyuchuk LI, Pasechnikova NV, Zadorozhny OS, Nazaretyan RE. The temperature distribution in different parts of the rabbit's eye depends on the ambient temperature. *Ophthalmology. Eastern Europe.* 2015;4(27):60–68 (In Russ.).
 17. Мушкова ИА, Борзенко СА, Каримова АН, Шкандина ЮВ. Гистоморфологические изменения роговицы кролика после имплантации внутрироговичных линз и электронно-микроскопическое обоснование полученных результатов. *Вестник Оренбургского государственного университета.* 2015;12(187):151–154. Mushkova IA, Borzenok SA, Karimova AN, Shkondina YuV. Histomorphological changes in the rabbit cornea after implantation of intracorneal lenses and electron microscopic substantiation of the results obtained. *Bulletin of the Orenburg State University.* 2015;12(187):151–154 (In Russ.).
 18. Малюгин БЭ, Терещенко АВ, Антонова ОП. Изучение процессов репопуляции роговицы кролика эндотелиальными клетками при экспериментальном моделировании частичной трансплантации эндотелия и десцеметовой мембраны. *Офтальмохирургия.* 2019;4:7–15. Malugin BE, Tereshchenko AV, Antonova OP. To study the processes of depopulation of the rabbit cornea by endothelial cells in experimental modeling of partial transplantation of the endothelium and descemet membrane. *Ophthalmosurgery.* 2019;4:7–15 (In Russ.). doi: 10.25276/0235-4160-2019-4-7-15.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Долбилкин Александр Александрович
аспирант кафедры глазных болезней
<https://orcid.org/0009-0001-7800-3688>

Юрьева Татьяна Николаевна
доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора по научной работе, профессор кафедры глазных болезней
<https://orcid.org/0000-0003-0547-7521>

Лозовская Евгения Александровна
кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник научного отдела экспериментальной хирургии с виварием
<https://orcid.org/0000-0003-3851-128X>

Никифоров Сергей Борисович
доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник, заведующий научным отделом экспериментальной хирургии с виварием
<https://orcid.org/0000-0002-0486-9235>

Григорьева Алина Валерьевна
кандидат медицинских наук, врач-офтальмолог диагностического отделения
<https://orcid.org/0000-0003-0286-8412E>

Самсонов Дмитрий Юрьевич
кандидат медицинских наук, врач-офтальмолог диагностического отделения, заведующий научно-образовательным отделом
<https://orcid.org/0000-0001-7971-4521>

ABOUT THE AUTHORS

Dolbilkin Alexander A.
postgraduate
<https://orcid.org/0009-0001-7800-3688>

Iureva Tatiana N.
MD, Professor, deputy director for science, Professor of the eye disease department
<https://orcid.org/0000-0003-0547-7521>

Lozovskaya Evgeniya A.
PhD, senior researcher at the Scientific Department of Experimental Surgery with Vivarium
<https://orcid.org/0000-0003-3851-128X>

Nikiforov Sergey B.
MD, senior researcher, head of the Scientific Department of Experimental Surgery with Vivarium
<https://orcid.org/0000-0002-0486-9235>

Grigorieva Alina V.
PhD, ophthalmologist at the Diagnostic Department
<https://orcid.org/0000-0003-0286-8412>

Samsonov Dmitry Yu.
PhD, ophthalmologist of the Diagnostic Department, head of the Scientific and Educational Department
<https://orcid.org/0000-0001-7971-4521>

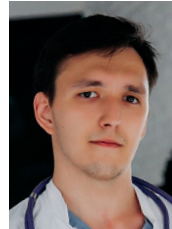
Оптимизация метода транссклеральной лазерной циклотермотерапии (экспериментальное исследование)



В.Ю. Скворцов



А.Н. Куликов



Д.В. Тулин

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации
ул. Академика Лебедева, 6ж, Санкт-Петербург, 194044, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2026;23(1):195–198

Цель: определить возможность сокращения времени экспозиции при транссклеральной лазерной циклотермотерапии (ТЛЦТТ) за счет применения импульсно-периодического режима работы лазера в экспериментальных условиях. **Методы.** Исследование выполнено на кроликах породы шиншилла обоего пола массой 1,5–2,0 кг. Животные были разделены на две группы. В контрольной группе (20 кроликов, 40 глаз) ТЛЦТТ выполняли в непрерывном режиме (0,3 Вт, 16 с). В экспериментальной группе (10 кроликов, 20 глаз) использовали импульсно-периодический режим (коэффициент заполнения 50 %, длительность импульса 1 с) при мощности 0,6 Вт и экспозиции 8 с. Для оценки воспалительной реакции проводили биомикроскопию на первые сутки после вмешательства, а макроскопическое исследование препаратов ресничного тела выполняли для характеристики очагов деструкции. **Результаты.** Биомикроскопия выявила смешанную инъекцию конъюнктивы у всех животных, умеренный хемоз отмечен у 45 % глаз контрольной и у 50 % глаз экспериментальной группы. Опалесценция влаги передней камеры средней выраженности зарегистрирована у 75 и 80 % глаз соответственно. Преципитатов, задних синехий и фибринозных наложений не обнаружено. Макроскопически очаги деструкции имели вид бледных участков ресничных отростков с сопоставимыми диаметрами ($1,35 \pm 0,07$ мм в контрольной и $1,34 \pm 0,08$ мм в экспериментальной группе, $p = 0,3$). Механических эффектов, связанных с разрывом тканей, не выявлено в обеих группах. **Заключение.** Импульсно-периодический режим лазера формировал очаги деструкции, сопоставимые по размерам с традиционной ТЛЦТТ без дополнительного механического повреждения и избыточного воспаления. Сокращение времени экспозиции снижает риск смещения световода в ходе вмешательства и может способствовать повышению безопасности и эффективности метода.

Ключевые слова: глаукома, транссклеральная лазерная циклотермотерапия, циклодеструкция, ресничное тело, внутриглазное давление

Для цитирования: Скворцов В.Ю., Куликов А.Н., Тулин Д.В. Оптимизация метода транссклеральной лазерной циклотермотерапии (экспериментальное исследование). *Офтальмология*. 2026;23(1):195–198. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-195-198>

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

Конфликт интересов отсутствует.



Optimization of Transscleral Laser Cyclothermotherapy Method (experimental study)

V.Yu. Skvortsov, A.N. Kulikov, D.V. Tulin

S.M. Hiron Military Medical Academy
Akademician Lebedev str., 6zh, Saint Petersburg, 194044, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2026;23(1):195–198

Objectives: to evaluate the feasibility of reducing exposure time during transscleral laser cyclothermotherapy (TLCTT) by applying a pulsed-periodic laser mode in an experimental setting. **Methods.** The study was conducted on Chinchilla rabbits of both sexes, weighing 1.5–2.0 kg. Animals were divided into two groups. The control group (20 rabbits, 40 eyes) underwent TLCTT using a continuous laser mode (0.3 W, 16 s). The experimental group (10 rabbits, 20 eyes) received TLCTT with a pulsed-periodic laser mode (duty cycle 50 %, pulse period 1 s), at 0.6 W for 8 s. Biomicroscopy was performed one day after the procedure to evaluate inflammatory response, and macroscopic examination of ciliary body specimens was carried out to assess the characteristics of destruction foci. **Results.** Biomicroscopy revealed mixed conjunctival injection in all animals, with moderate chemosis in 45 % of eyes in the control group and 50 % in the experimental group. Aqueous humor opalescence of moderate intensity was noted in 75 % and 80 % of eyes, respectively. No precipitates, posterior synechiae, or fibrinous deposits were observed. Macroscopically, destruction foci appeared as pale areas of ciliary processes with comparable diameters (1.35 ± 0.07 mm in the control group and 1.34 ± 0.08 mm in the experimental group, $p = 0.3$). No rupture-associated mechanical effects were detected in either group. **Conclusion.** The pulsed-periodic laser mode achieved destruction foci of comparable size to conventional TLCTT, without inducing additional mechanical damage or excessive postoperative inflammation. The shortened exposure time reduces the risk of light guide displacement during the procedure, potentially improving both safety and effectiveness.

Keywords: glaucoma, transscleral laser cyclothermotherapy, cyclodestruction, ciliary body, intraocular pressure

For citation: Skvortsov V.Yu., Kulikov A.N., Tulin D.V. Optimization of Transscleral Laser Cyclothermotherapy Method (experimental study). *Ophthalmology in Russia*. 2026;23(1):195–198. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-195-198>

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

There is no conflict of interests.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Единственным достоверным способом замедления прогрессирования глаукомной оптической нейропатии, как известно, является снижение внутриглазного давления (ВГД) [1, 2].

Циклодеструктивное хирургическое воздействие применяется в офтальмологии более 90 лет, однако и в настоящее время методика во многих случаях остается актуальной из-за довольно выраженного анальгетического и гипотензивного эффекта [3–6].

Предложенные в нашей клинике энергетические характеристики вмешательства, основанные на реализации эффекта термотерапии, более 10 лет успешно применяются в лечении различных форм глаукомы. Транссклеральная лазерная циклотермотерапия (ТЛЦТТ) за счет практически полного исключения случаев реализации механических биологических эффектов, а следовательно, и избыточного повреждения цилиарного тела (ЦТ) обеспечила значительное уменьшение частоты интра- и послеоперационных осложнений в сравнении с известными методиками, что позволило в ряде случаев использовать ее и в функционально перспективных случаях.

По данным разных авторов, гипотензивная эффективность ТЛЦД составляет 55–89 %, а анальгетическая в случаях болящей формы глаукомы стремится к 100 % [4, 7, 8]. Эффективность ТЛЦТТ, по данным В.Ю. Скворцова, составляет 81,6 %¹ [9, 10].

¹ Скворцов В.Ю. Диод-лазерная транссклеральная циклодеструкция в режиме термотерапии как метод лечения рефрактерной глаукомы (экспериментально-клиническое исследование): автореф. дис. ... канд. мед. наук. СПб., 2013. 17 с.

Вариабельность эффективности ТЛЦД при фиксированных энергетических характеристиках, по нашему мнению, может объясняться множеством факторов, таких как толщина и степень пигментации склеры и ЦТ. На эффективности вмешательства может также сказаться и увеличенное время каждой аппликации (20 секунд) при ТЛЦТТ в условиях местной анестезии (в результате движений пациента или недостаточной фиксации рук хирурга, особенно на этапе освоения методики), что повышает возможность смещения наконечника световода или изменения направления излучения.

Кроме увеличения длительности воздействия, одной из возможностей добиться превышения времени термической релаксации ткани является использование импульсно-периодического режима работы лазерной установки.

Цель: определить в эксперименте возможность уменьшения времени аппликации при ТЛЦТТ за счет применения импульсно-периодического лазерного воздействия.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Эксперимент проведен на кроликах породы шиншилла обоих полов массой 1,5–2,0 кг с карими радужками. Содержание животных и эксперименты осуществляли согласно «Правилам проведения работ с использованием лабораторных животных» (приказ № 742 от 13.11.1984 Министерства высшего и среднего специального образования СССР), и они были одобрены локальным этическим комитетом.

В.Ю. Скворцов, А.Н. Куликов, Д.В. Тулин

Контактная информация: Тулин Дмитрий Валерьевич d.v.tulin@gmail.com

Оптимизация метода транссклеральной лазерной циклотермотерапии...

Режим лазерного воздействия (0,3 Вт с экспозицией 16 с), обеспечивающий биологический эффект термотерапии на экспериментальных животных, был разработан нами ранее, и параметры реализующегося при его применении очага циклодеструкции в рамках данного исследования приняли в качестве контрольной группы (20 кроликов, 40 глаз).

Животным исследуемой группы (10 кроликов, 20 глаз) выполняли ТЛЦД с применением импульсно-периодического режима работы лазерной установки со скважностью 2 ($D = 50\%$) и периодом импульсов 1 с. При этом с целью сохранения энергетических характеристик мощность излучения была повышена до 0,6 Вт, а время воздействия сокращено до 8 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам биомикроскопии у всех животных как в контрольной, так и в экспериментальной группе спустя 1 сутки выявили смешанную конъюнктивальную инъекцию, а в 45 и 50 % случаев соответственно отметили умеренно выраженный хемоз. Кроме того, также в обеих группах, в 75 и 80 % наблюдений выявили опалесценцию влаги передней камеры примерно одинаковой (умеренной) интенсивности. Преципитатов, задних синехий, фибринозных отложений не отметили ни в одном случае.

Таким образом, по данным биомикроскопии, значимых различий в группах экспериментальных животных, которым выполняли циклодеструктивные воздействия с использованием сравниваемых режимов, не было выявлено.

При макроскопическом исследовании препаратов глаз кроликов контрольной и экспериментальной групп очаги деструкции в 1-е сутки после операции выглядели как участки побледнения отростков цилиарного тела диаметром $1,35 \pm 0,07$ и $1,34 \pm 0,08$ мм соответственно. (рис. 1).

Несмотря на то что очаги деструкции ЦТ у животных экспериментальной группы выглядели несколько более интенсивными, участков разрывов, сопровождающих,

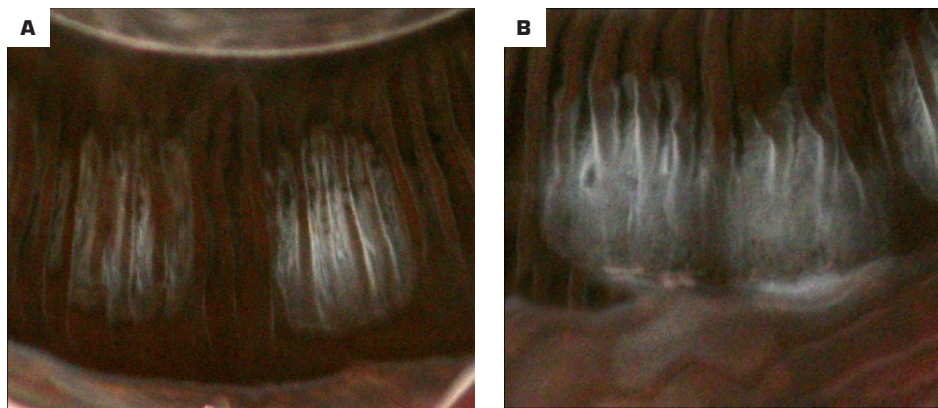


Рис 1. Общий вид участков деструкции ЦТ в контрольной (А) и экспериментальной (В) группах

Fig 1. General view of ciliary body destruction areas in the control group (A) and in the experimental group (B)

как правило, механические биологические эффекты лазерного воздействия, выявлено не было, при этом отсутствовало и статистически значимое различие ($p = 0,3$) в их размерах.

Таким образом, по данным макроскопического исследования очагов деструкции ЦТ, достоверных различий в группах экспериментальных животных, которым выполняли циклодеструктивные воздействия с использованием сравниваемых режимов, также не выявлено.

ВЫВОДЫ

Результаты выполненного экспериментального исследования указывают, что при диод-лазерной циклодеструкции с использованием импульсно-периодического режима работы лазерной установки удастся получить сопоставимые по размерам, в сравнении с методом ТЛЦТТ, очаги циклодеструкции, при этом также удастся избежать механических разрывных эффектов и случаев выраженного послеоперационного воспаления.

Применение указанных параметров лазерного излучения позволяет существенно сократить время операции, а это, в свою очередь, может снизить возможность смещения наконечника световода и тем самым повысить эффективность вмешательства, не снижая его безопасность.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Скворцов В.Ю. — концепция и дизайн исследования, статистическая обработка, написание текста, подготовка иллюстраций, анализ данных; Куликов А.Н. — редактирование текста, окончательное утверждение рукописи; Тулин Д.В. — сбор и обработка материала, написание текста, получение и анализ данных.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Heijl A, Leske MC, Bengtsson B, Hyman L, Bengtsson B, Hussein M; Early Manifest Glaucoma Trial Group. Reduction of intraocular pressure and glaucoma progression: results from the Early Manifest Glaucoma Trial. *Arch Ophthalmol.* 2002 Oct;120(10):1268–1279. doi: 10.1001/archoph.120.10.1268.
- Boland MV, Ervin AM, Friedman DS, Jampel HD, Hawkins BS, Vollenweider D, Chelladurai Y, Ward D, Suarez-Cuervo C, Robinson KA. Comparative effectiveness of treatments for open-angle glaucoma: a systematic review for the U.S. Preventive Services Task Force. *Ann Intern Med.* 2013 Feb 19;158(4):271–279. doi: 10.7326/0003-4819-158-4-201302190-00008.
- Gaasterland DE, Pollack IP. Initial experience with a new method of laser transscleral cyclophotocoagulation for ciliary ablation in severe glaucoma. *Trans Am Ophthalmol Soc.* 1992;90:225–243; discussion 243–246. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1298436/>.
- Iliev ME, Gerber S. Long-term outcome of trans-scleral diode laser cyclophotocoagulation in refractory glaucoma. *Br J Ophthalmol.* 2007 Dec;91(12):1631–1635. doi: 10.1136/bjo.2007.116533.
- Seixas RCS, Russ HHA, Maestrini HA, Balbino M, Fernandes TAP, Lima NVDA, Lopes NLV, Neto TDSR. Slow coagulation versus micropulse transscleral cyclophotocoagulation for refractory childhood glaucoma. *Eur J Ophthalmol.* 2024 Nov;34(6):1932–1940. doi: 10.1177/11206721241236920.
- Agrawal P, Dulku S, Nolan W, Sung V. The UK National Cyclodiode Laser Survey. *Eye (Lond).* 2011 Feb;25(2):168–173. doi: 10.1038/eye.2010.174.

7. Bloom PA, Tsai JC, Sharma K, Miller MH, Rice NS, Hitchings RA, Khaw PT. “Cyclodiode”. Trans-scleral diode laser cyclophotocoagulation in the treatment of advanced refractory glaucoma. *Ophthalmology*. 1997 Sep;104(9):1508–1519; discussion 1519–1520. doi: 10.1016/s0161-6420(97)30109-2.
8. Ndulue JK, Rahmatnejad K, Sanvicente C, Wizov SS, Moster MR. Evolution of Cyclophotocoagulation. *J Ophthalmic Vis Res*. 2018 Jan-Mar;13(1):55–61. doi: 10.4103/jovt.jovt_190_17.
9. Бойко ЭВ, Куликов АН, Скворцов ВЮ. Оценка эффективности и безопасности применения диод-лазерной транссклеральной термотерапии цилиарного тела как способа лечения рефрактерной глаукомы. *Вестник офтальмологии*. 2014;130(5):64–66.
Boiko ÉV, Kulikov AN, Skvortsov VYu. Evaluating the effectiveness and safety of diode laser trans-scleral thermotherapy of the ciliary body as a treatment for refractory glaucoma. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2014;130(5):64–66 (In Russ.). <https://www.mediasphera.ru/issues/vestnik-ofthalmologii/2014/5/030042-465X2014511> (accessed 15.09.2025).
10. Бойко ЭВ, Куликов АН, Скворцов ВЮ. Сравнительная оценка диод-лазерной термотерапии и лазеркоагуляции как методов циклодеструкции (экспериментальное исследование). *Практическая медицина. Офтальмология*. 2012;1:175–179.
Boiko ÉV, Kulikov AN, Skvortsov VYu. Comparative evaluation of diode laser thermotherapy and laser coagulation as methods of cyclodestruction (experimental study). *Practical medicine*. 2012;4:175–179 (In Russ.). <https://pmarchive.ru/sravnitel'naya-ocenka-diod-lazernoj-termoterapii-i-lazerokoagulyacii-kak-metodov-ciklodestrukcii-eksperimentalnoe-issledovanie/> (accessed 15.09.2025).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Скворцов Вячеслав Юрьевич
кандидат медицинских наук, преподаватель кафедры офтальмологии
<https://orcid.org/0000-0002-1345-9537>

Куликов Алексей Николаевич
доктор медицинских наук, профессор, начальник кафедры
и клиники офтальмологии
<https://orcid.org/0000-0002-5274-6993>

Тулин Дмитрий Валерьевич
врач-офтальмолог клиники офтальмологии
<https://orcid.org/0000-0003-3485-8227>

ABOUT THE AUTHORS

Skvortsov Vyacheslav Yu.
PhD, lecturer, Department of Ophthalmology
<https://orcid.org/0000-0002-1345-9537>

Kulikov Alexey N.
MD, Professor, head of the Department and Clinic of Ophthalmology
<https://orcid.org/0000-0002-5274-6993>

Tulin Dmitry V.
ophthalmologist, Clinic of Ophthalmology
<https://orcid.org/0000-0003-3485-8227>

Использование искусственного интеллекта в офтальмологической практике



А.М. Чебенова



Д.И. Ялакова



Н.В. Корсакова

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации
Московский просп., 15, Чебоксары, 428015, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2026;23(1):199–206

В статье рассматриваются современное состояние и перспективы использования искусственного интеллекта (ИИ) в офтальмологической практике. Описаны основные направления применения ИИ, включая автоматизированную диагностику заболеваний глаз, персонализированное лечение, прогнозирование течения болезней и поддержку хирургических вмешательств. Приведен анализ существующих подходов и технологий, таких как глубокое обучение и компьютерное зрение, которые применяются для анализа медицинских изображений и данных. Особое внимание уделено вопросам стандартизации данных, безопасности и этическим аспектам внедрения ИИ в клиническую практику. Подчеркивается важность сотрудничества между специалистами разных областей для эффективного внедрения инновационных технологий и улучшения качества медицинской помощи.

Ключевые слова: искусственный интеллект, офтальмология, автоматизированная диагностика, прогнозирование заболеваний, глубокое обучение, медицинская визуализация

Для цитирования: Чебенова А.М., Ялакова Д.И., Корсакова Н.В. Использование искусственного интеллекта в офтальмологической практике. *Офтальмология*. 2026;23(1):199–206. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-199-206>

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

Конфликт интересов отсутствует.

The use of Artificial Intelligence in Ophthalmological Practice

A.M. Chebenova, D.I. Yalakova, N.V. Korsakova

I.N. Ulianov Chuvash State University
Moskovsky ave., 15, Cheboksary, 428015, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2026;23(1):199–206

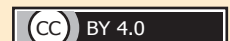
The article discusses the current state and prospects for the use of artificial intelligence (AI) in ophthalmological practice. The main areas of AI application are described, including automated diagnostics of eye diseases, personalized treatment, prognosis of the course of diseases and support of surgical interventions. An analysis of the existing approaches and technologies, such as deep learning and computer vision, which are used to analyze medical images and data, is provided. Particular attention is paid to data standardization, safety and ethical aspects of introducing AI into clinical practice. The importance of cooperation between specialists in different fields for the effective implementation of innovative technologies and improving the quality of medical care is emphasized.

Keywords: artificial intelligence, ophthalmology, automated diagnosis, disease prediction, deep learning, medical imaging

For citation: Chebenova A.M., Yalakova D.I., Korsakova N.V. The use of Artificial Intelligence in Ophthalmological Practice. *Ophthalmology in Russia*. 2026;23(1):199–206. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2026-1-199-206>

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

There is no conflict of interests.



A.M. Chebenova, D.I. Yalakova, N.V. Korsakova

Contact information: Chebenova Aigul M. chebenovaigul@gmail.com

The use of Artificial Intelligence in Ophthalmological Practice

Офтальмология — область медицины, занимающаяся изучением, диагностикой и лечением заболеваний органа зрения. Одной из ее уникальных характеристик является высокий уровень зависимости от визуального восприятия и интерпретации клинических данных [1]. Врачи-офтальмологи ежедневно проводят обследование глазного дна, оценивают состояние сетчатки, зрительно-го нерва и других структур глаза, опираясь на профессиональное мастерство и многолетний опыт. Этот процесс требует не только глубоких знаний, но и развитого клинического мышления, поскольку малейшее отклонение от нормы может свидетельствовать о серьезной патологии [2]. Однако в последние десять лет наблюдается заметный сдвиг парадигмы в подходе к диагностике и лечению глазных заболеваний. Это обусловлено появлением и активным развитием технологий искусственного интеллекта (ИИ), которые постепенно интегрируются в ежедневную практику офтальмологов. Искусственный интеллект привносит принципиально новый уровень автоматизации, аналитики и точности в медицинские процессы [3]. Благодаря способности ИИ анализировать огромные объемы данных, выявлять закономерности и помогать в принятии решений, он оказывается незаменимым инструментом в таких областях, как автоматизированная диагностика, персонализированный подход к терапии и поддержка хирургических вмешательств.

Внедрение ИИ в офтальмологическую практику происходит не одномоментно, а поэтапно. Сначала технологии искусственного интеллекта использовались преимущественно для автоматического анализа медицинских изображений, таких как снимки глазного дна, полученные с помощью оптической когерентной томографии (ОКТ) или фундускопии [4]. В настоящее время ИИ охватывает гораздо более широкую сферу, включающую прогнозирование течения заболеваний, помощь в планировании хирургических вмешательств и мониторинг состояния пациентов в динамике [5].

Основная цель данной статьи — рассмотреть, какие именно направления применения ИИ уже стали реальностью в офтальмологии, и привести конкретные примеры успешных проектов, демонстрирующих эффективность этих технологий. Мы также постараемся заглянуть в будущее и обсудить потенциальные перспективы развития ИИ в контексте борьбы с основными заболеваниями глаз, такими как диабетическая ретинопатия, глаукома и возрастная макулярная дегенерация (ВМД).

В настоящее время предложены три способа применения искусственного интеллекта в офтальмологии.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ДИАГНОСТИКА

Автоматизация процесса диагностики является одним из ключевых направлений использования искусственного интеллекта в офтальмологии. Современные технологии, такие как оптическая когерентная томография, флуоресцентная ангиография и другие методы визуализации, генерируют большое количество данных,

которые трудно проанализировать вручную [6, 7]. Именно здесь ИИ показывает свою силу, предлагая автоматизацию анализа этих данных и повышение точности диагностики.

Принцип работы автоматизированной диагностики с использованием ИИ заключается в обучении компьютерных моделей на огромных наборах медицинских изображений [8]. В результате ИИ-система способна самостоятельно находить паттерны и аномалии, которые указывают на различные заболевания глаз [9]. Это позволяет прогнозировать появление ранних признаков таких заболеваний, как диабетическая ретинопатия, возрастная макулярная дегенерация (ВМД) и глаукома, задолго до появления клинических симптомов [10]. Ранняя диагностика дает возможность начать лечение тогда, когда оно еще максимально эффективно и может предотвратить серьезные осложнения [3].

Преимущества автоматизированной диагностики включают сокращение времени на постановку диагноза, снижение нагрузки на офтальмологов и уменьшение вероятности ошибок, связанных с человеческим фактором [11]. Более того, такие системы могут быть полезны в удаленных районах, где доступ к квалифицированным специалистам ограничен. Благодаря автоматизированной диагностике пациенты получают доступ к качественной медицинской помощи независимо от своего местоположения [12].

Одним из ярких примеров успешного применения ИИ в офтальмологии является система IDx-DR (рис. 1), разработанная американской компанией IDx LLC. Эта система стала первой коммерческой разработкой на основе ИИ, получившей одобрение Управления по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (FDA) для диагностики диабетической ретинопатии [9].

Как работает IDx-DR? Система анализирует цифровые фотографии глазного дна, сделанные с помощью специальных камер. Затем она использует алгоритмы глубокого обучения для выявления признаков ретинопатии, которая является частым осложнением у больных сахарным диабетом [13]. Основное преимущество системы состоит в том, что она способна точно диагностировать болезнь без необходимости привлечения квалифицированного офтальмолога на этапе первичной диагностики. Это особенно ценно в странах и регионах с ограниченными ресурсами, где доступность специалистов может быть затруднена [14].

Результаты применения IDx-DR показали, что система обладает высокой чувствительностью и специфичностью, а это означает, что она редко пропускает случаи заболевания и редко выдает ложноположительные результаты [15], что делает ее надежным инструментом для раннего обнаружения диабетической ретинопатии, а следовательно, позволяет своевременно начать лечение и предотвратить ухудшение зрения у пациентов.

Российскими учеными предложена программа Retina.AI (рис. 2) — это уникальная облачная платформа, ориентированная на обработку и анализ фундус-фотографий (фотографий глазного дна) и оптических когерентных томографических сканов. Главная цель программы — обеспечить точное выявление различных офтальмологических патологий, таких как диабетическая ретинопатия, возрастная макулярная дегенерация (ВМД), отек макулы и другие серьезные нарушения зрения [7]. Платформа была создана группой российских ученых и инженеров, специализирующихся на обработке изображений и глубоком обучении. Основной задачей было разработать систему, способную обрабатывать огромные массивы визуальной информации быстро и эффективно, что делает ее незаменимой для массового скрининга заболеваний глаз в клинической практике.

Платформа построена на мощных инструментах машинного обучения и искусственного интеллекта, ее алгоритм обрабатывает изображения глазного дна и оптические когерентные томограммы, предоставляя подробную оценку состояния сетчатки и прочих структур глаза.

Преимущества платформы:

- высокая точность выявления заболеваний (в ходе клинических испытаний Retina.AI продемонстрировала чувствительность и специфичность более 97 %, превосходя показатели многих аналогичных международных платформ);
- возможность интеграции с существующей инфраструктурой больниц и поликлиник (система легко подключается к любым современным диагностическим устройствам, таким как камеры фундусграфии и аппараты оптической когерентной томографии);
- доступность данных (вся информация хранится централизованно в облаке, что облегчает мониторинг состояния пациентов в динамике и упрощает процесс обмена данными между различными учреждениями).



Рис. 1. Система искусственного интеллекта IDx-DR, разработанная для диагностики диабетической ретинопатии

Fig. 1. The artificial intelligence system IDx-DR developed for the diagnosis of diabetic retinopathy

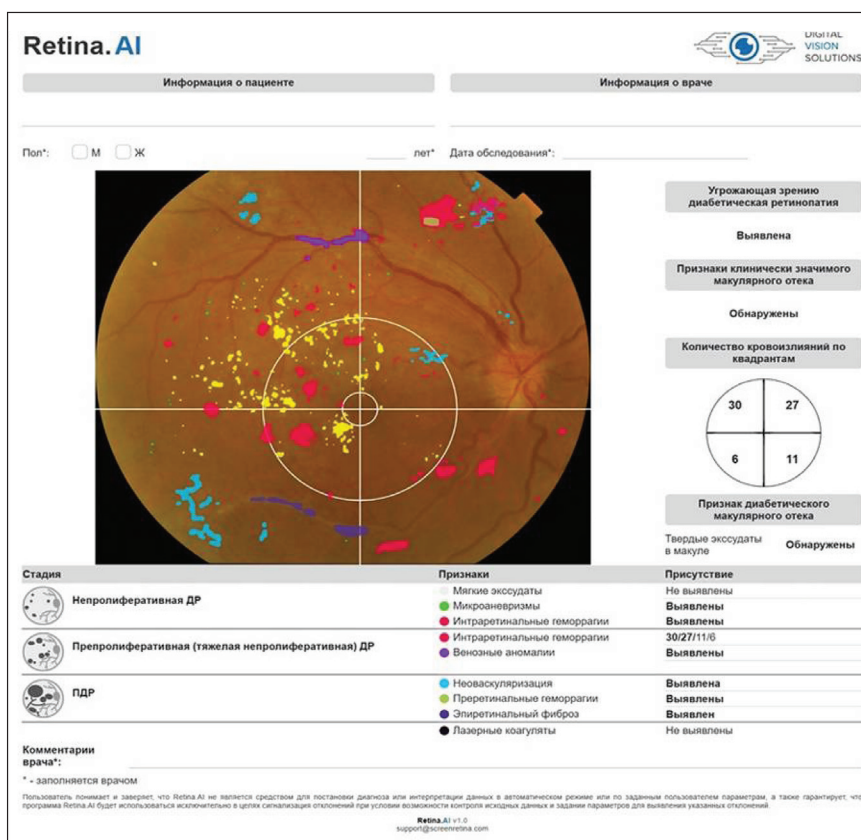


Рис. 2. Система искусственного интеллекта Retina.AI, разработанная для анализа фотографий глазного дна

Fig. 2. The artificial intelligence system Retina.AI developed for analyzing fundus photography

Ключевые достоинства платформы:

- автоматизация процессов (облегчает нагрузку на офтальмологов, снижая количество рутинных действий и высвобождая больше времени для взаимодействия с пациентами);

- высокая скорость анализа (даже крупные объемы изображений могут быть обработаны за считанные секунды, обеспечивая быструю обратную связь врача с пациентом);

- повышение доступности диагностики (позволяет охватить большее число пациентов, в том числе тех, кто проживает в отдаленных регионах или труднодоступных районах);

- экономическая выгода (сокращаются затраты на персонал и оборудование, а снижение числа пропущенных случаев заболеваний улучшает долгосрочные экономические показатели системы здравоохранения) [12].

Клинические испытания платформы проводились в нескольких крупных городах России, включая Москву, Санкт-Петербург и Екатеринбург. В рамках этих испытаний были собраны и проанализированы тысячи изображений глазного дна и ОКТ-анограмм. Результаты оказались впечатляющими: более 97 % верных выводов при постановке диагноза. Особенно важно отметить успех в выявлении таких серьезных патологий, как диабетическая ретинопатия и возрастная макулярная дегенерация, которые часто приводят к необратимому снижению зрения и слепоте.

Поддержка проекта Retina.AI обеспечивается фондом «Сколково», известным своим вкладом в поддержку инноваций и стартапов в сфере биотехнологий и IT [9]. Медицин-

ские ассоциации и профессиональные сообщества также высоко оценили разработку, отмечая ее огромный потенциал для улучшения качества медицинской помощи [15].

EYAS (рис. 3) — современная российская интеллектуальная система, основанная на искусственном интеллекте, разработанная специально для диагностики заболеваний глазного дна. Основная задача системы заключается в анализе фотографий глазного дна, полученных с помощью специальных камер и аппаратов оптической когерентной томографии (рис. 2), с целью автоматического выявления опасных патологий сетчатки и других структур глаза [6].

Как работает EYAS? Работа системы основана на методах глубокого обучения и анализа больших данных.

Она включает несколько этапов:

- получение изображения глазного дна (изображение фиксируется специальной камерой, установленной в кабинете офтальмолога или в стационаре);

- передача изображения в облако (полученная фотография отправляется на сервер EYAS, где начинается обработка данных);

- анализ и классификация патологии (алгоритм искусственного интеллекта проводит детальное изучение изображения, выделяя возможные зоны поражения и сравнивая их с ранее накопленными образцами заболеваний, затем система классифицирует найденные отклонения и формирует отчет);

- предоставление результата врачу (врач получает готовый отчет с указанием вероятности наличия определенной патологии и рекомендациями относительно дальнейших шагов диагностики и лечения) [17].

Отчеты

Поиск по отчетам

- img_0261.jpg Классифицировано 17 марта в 15:20
- img_0260.jpg Классифицировано 17 марта в 15:21
- img_0146.tif Классифицировано 17 марта в 15:23
- img_0047.jpg Классифицировано 17 марта в 15:59
- img_0069.jpg Классифицировано 17 марта в 16:00
- 0_original.png Классифицировано 20 марта в 15:48

0_original.png
20 марта в 15:48

Изображение

Выделить зону
Можно использовать несколько масок

- ✓ ДЗН
- ✓ Макула
- ✓ Сосуды

Отчет

ДЗН: бледно-розовый, размер нормальный, правильная форма, границы четкие, экскавация нормального размера, расположение в центре, ЭД -, сосудистый пучок в центре

Артерии: калибр нормальный, ход нормальный, извитость нормальная, бифуркация нормальная

Вены: калибр нормальный, ход нормальный, извитость нормальная, бифуркация нормальная

Макула: макулярный рефлекс нормальный, фовеолярный рефлекс нормальный

Результат

Текст финального отчета строится на основе параметров

ДЗН

Цвет: Бледно-Розовый

Монотонность

Размер: Нормальный

Форма: Правильная

Границы: Четкие

Экскавация

Размер: Нормальный

Сектор: В центре

ЭД: Текст

Сосудистый пучок: В центре

Патологии: Текст

Сосуды

Артерии

Ход: Нормальный

Извитость: Нормальная

Бифуркация: Нормальная

Калибр: Нормальный

Вены

Ход: Нормальный

Извитость: Нормальная

Рис. 3. Система искусственного интеллекта EYAS, разработанная для анализа изображений глазного дна

Fig. 3. The EYAS artificial intelligence system developed for the analysis of fundus images

Благодаря быстрому циклу анализа и четкому представлению результатов офтальмологи могут быстрее реагировать на потенциальные угрозы здоровью пациента, назначив необходимые процедуры или направив больного на дополнительное обследование [5].

Среди основных достоинств системы EYAS выделяются:

1) высокоскоростной анализ (EYAS обрабатывает большое количество изображений за короткий промежуток времени, что снижает вероятность пропуска важных деталей и ускоряет принятие решений);

2) интеграция с медицинскими устройствами (платформа совместима с большинством современных аппаратов для фотографирования глазного дна и октанографическими системами, что облегчает переход на цифровую диагностику);

3) удобство использования (простота интерфейса и интуитивно понятные отчеты делают систему привлекательной для широкого круга пользователей, начиная от студентов-медиков и заканчивая опытными практикующими врачами);

4) доступность (стоимость и простота установки позволяют использовать систему в небольших районных поликлиниках и сельских амбулаториях, улучшая доступ к качественным услугам офтальмологического профиля) [17].

Основная область применения EYAS — массовое скрининговое обследование населения с целью раннего выявления потенциально угрожающих заболеваний глаз, таких как:

- ✓ диабетическая ретинопатия;
- ✓ возрастная макулярная дегенерация;
- ✓ глаукома;
- ✓ гипертензивная ангиоретинопатия [17].

Кроме того, EYAS обладает огромным потенциалом для расширения функционала, включающего в себя дополнительные сервисы классификации степени тяжести заболеваний, прогнозирования рисков осложнений и рекомендаций по тактике ведения больных.

ПОДДЕРЖКА ХИРУРГИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ

Поддержка хирургических вмешательств с использованием искусственного интеллекта становится важным направлением в современной медицине, особенно в области офтальмологии. Технологии ИИ помогают хирургам планировать операции, контролировать процесс выполнения манипуляций и минимизировать риски ошибок.

Планирование операций

Перед проведением хирургического вмешательства важно точно спланировать каждый этап операции. ИИ-системы могут анализировать медицинские изображения, такие как КТ, МРТ и ультразвуковые снимки [9], чтобы создать трехмерную модель анатомической структуры глаза пациента. Эта модель позволяет хирургам

детально изучить расположение патологических изменений, сосудов, нервов и других важных структур перед операцией.

Алгоритмы машинного обучения помогают прогнозировать возможные осложнения и предлагать оптимальную последовательность действий [5]. Хирурги могут моделировать различные сценарии и выбрать наиболее безопасный и эффективный путь вмешательства.

Контроль во время операции

Во время самой операции ИИ может играть роль ассистента, отслеживая движение инструментов и предоставляя обратную связь в режиме реального времени [14]. Например, специальные камеры и сенсоры фиксируют положение инструмента относительно тканей глаза, а ИИ анализирует эту информацию и предупреждает хирурга о возможных отклонениях от заданной траектории [6].

Такая система поддержки особенно полезна при выполнении микрохирургических операций, когда малейшие ошибки могут привести к серьезным последствиям. ИИ способен обнаруживать даже незначительные отклонения и своевременно сигнализировать об этом врачу [8, 10].

Преимущества роботизированных систем:

– высокая точность движений (роботы, управляемые ИИ, обладают большей точностью и стабильностью, чем человеческая рука [11]. Это особенно важно при работе с микроскопическими структурами глаза, такими как сосуды сетчатки или мембрана стекловидного тела);

– минимальная травматичность (использование роботов позволяет уменьшить размер разрезов и снизить риск повреждений окружающих тканей, что способствует более быстрому восстановлению пациента после операции) [15];

– постоянный контроль (система мониторинга, встроенная в роботизированные установки, обеспечивает постоянный контроль над процессом операции [5]; врач получает визуальную и аудиальную обратную связь, что повышает безопасность процедуры);

– интеграция с медицинскими изображениями (роботы могут использовать предварительно созданные модели глазного яблока для точного позиционирования инструментов. Это снижает вероятность случайных травм и увеличивает шансы на успешное выполнение операции) [2];

– уменьшение усталости хирурга (работа с микроскопическими объектами требует высокого уровня концентрации и физической выносливости [2], тогда как роботы берут на себя часть рутинных задач, позволяя хирургу сосредоточиться на ключевых аспектах операции).

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТА

Мониторинг состояния глаз у пациентов с хроническими заболеваниями — одна из важнейших областей применения искусственного интеллекта в офтальмологии [4]. Современные технологии позволяют непрерывно следить за состоянием глаз с помощью смарт-устройств,

таких как контактные линзы со встроенными датчиками, и передавать собранные данные для последующего анализа.

Как работает мониторинг с использованием ИИ:

– сбор данных через смарт-устройства (пациенты используют устройства, такие как контактные линзы с датчиками, которые собирают информацию о состоянии глаз) [15, 16]. Например, датчики могут измерять внутриглазное давление, температуру, влажность или другие важные параметры);

– передача данных в облако (собранные данные отправляются на серверы через беспроводные сети [14]. Это позволяет централизованно хранить и обрабатывать большое количество информации);

– обработка данных с помощью ИИ (ИИ-аналитики применяются для анализа полученных данных. Машинное обучение и алгоритмы распознавания образов помогают выявлять закономерности и тенденции в изменениях состояния глаз) [11];

– предоставление обратной связи врачу (после обработки данных врач получает отчет, содержащий информацию о динамике изменений состояния пациента [14]. Это позволяет вовремя скорректировать лечение или назначить дополнительные обследования).

Хронические заболевания глаз, такие как глаукома, требуют постоянного наблюдения и коррекции лечения. Традиционно это предполагает регулярные посещения врача и проведение измерений вручную [4]. Однако современные технологии с применением ИИ позволяют автоматизировать этот процесс и сделать его более удобным и эффективным.

Проблемы и перспективы использования искусственного интеллекта в офтальмологии заслуживают особого внимания, поскольку эта технология обладает огромным потенциалом для трансформации медицинской практики [10]. Несмотря на значительные достижения в области ИИ, существуют некоторые препятствия, которые необходимо преодолеть для успешного внедрения этих технологий.

Существует несколько ключевых опасностей, связанных с развитием ИИ:

1) создание псевдоконтента, ложной «реальности» («галлюцинирование» или «бред» нейросети) [11]. Доказано и неоднократно регистрируется склонность ИИ к генерированию несуществующей информации как при недостатке, так и при избытке материала, обучающего модель ИИ. Важно отметить склонность ИИ настаивать на своей правоте, выдумывая несуществующие факты, предлагая ссылки на несуществующие научные исследования и т.д. [15];

2) самопроизвольная постановка задач (установлено, что ИИ склонен к самостоятельному принятию решения о доработке протекающего процесса с реализацией выполнения задач, которые человек ранее перед ИИ

не ставил [10], что может проявляться, например, в дописывании текста, рекомендаций, «усовершенствованных» обрабатываемого изображения, способных привести к их искажению) [15];

3) непредсказуемость действий автономного ИИ (с развитием ИИ растет риск потери контроля над системами. Если ИИ станет достаточно автономным, он потенциально способен к действиям с выходом за рамки заданных человеком программ) [9];

4) кибербезопасность (ИИ может быть использован для проведения кибератак. С его помощью злоумышленники могут создавать более сложные и эффективные методы взлома систем [14]. Это вызывает необходимость усиления мер безопасности и разработки новых защитных технологий);

5) сокращение и утрата рабочих мест (один из самых обсуждаемых аспектов — это замена людей машинами на рабочих местах. Автоматизация производств, умные роботы и алгоритмы, выполняющие задачи быстрее и точнее человека, действительно могут привести к сокращению рабочих мест [8]. С этим связано беспокойство о массовой безработице и социальных последствиях) [17];

6) этические вопросы (использование ИИ в медицине поднимает множество этических вопросов [2]. Например, как машины должны принимать решения, касающиеся жизни и смерти? Системы, работающие на ИИ, могут столкнуться с моральными дилеммами) [17].

Несмотря на существующие трудности, будущее использования ИИ в офтальмологии выглядит достаточно перспективным. Технологический прогресс и развитие инфраструктуры создают благоприятные условия для дальнейшего роста и внедрения ИИ в медицинскую практику.

Совершенствование технологий глубокого обучения связано с постоянным совершенствованием алгоритмов глубокого обучения и нейронных сетей, что позволит создавать более точные и надежные модели для диагностики и лечения офтальмологических заболеваний [11, 12]. Это приведет к увеличению точности прогнозов и снижению числа ложноположительных и ложноотрицательных результатов.

Увеличение доступности данных связано с развитием цифровых технологий, при которых увеличивается объем доступной медицинской информации. Это создает огромные возможности для обучения ИИ-моделей на большом количестве данных, что улучшит их производительность и способность адаптироваться к различным клиническим ситуациям [4].

Развитие инфраструктуры для безопасного обмена информацией связано с созданием защищенных платформ для обмена медицинскими данными между различными учреждениями и специалистами, который поможет ускорить процесс внедрения ИИ [1, 10]. Обмен данными позволит объединить усилия исследователей и практиков, способствуя развитию инновационных решений.

Для роста инвестиций в исследования и разработки необходимо увеличение финансирования, что будет способствовать созданию новых продуктов и услуг, направленных на улучшение качества медицинской помощи [8]. Это включает разработку новых диагностических инструментов, персонализированных терапевтических стратегий и автоматизированных систем управления здоровьем.

Расширение возможностей телемедицины напрямую связано с использованием ИИ в сочетании с телемедицинскими технологиями, что откроет новые возможности для дистанционного мониторинга и консультирования пациентов. Это особенно полезно для жителей удаленных регионов, где доступ к специализированной медицинской помощи ограничен [15].

Повышение осведомленности и доверия пациентов возрастает по мере того, как ИИ доказывает свою надежность и эффективность. Это создаст предпосылки для более широкого использования ИИ в повседневной медицинской практике [17].

Таким образом, офтальмология действительно занимает одно из лидирующих мест среди медицинских направлений, где искусственный интеллект демонстрирует значительные успехи. Применение ИИ охватывает широкий спектр задач — от автоматизации процессов диагностики до разработки персонализированных терапевтических стратегий и высокотехнологичных хирургических вмешательств. Этот технологический прорыв приведет к заметному улучшению качества медицинской

помощи, расширив возможности врачей в борьбе с серьезными заболеваниями глаз.

Однако для полной реализации потенциала ИИ в офтальмологии предстоит пройти долгий путь. Сотрудничество между учеными, инженерами и медицинскими специалистами должно стать основой дальнейших исследований и разработок. Особое внимание следует уделить нормативным актам, регулирующим использование ИИ в здравоохранении, чтобы обеспечить соблюдение этических норм, прав пациентов и гарантировать безопасность применения этих технологий.

Кроме того, необходимо продолжить работу над повышением доступности данных и стандартизацией их хранения. Это позволит интегрировать лучшие практики и достижения разных стран и учреждений, создавая глобальное сообщество экспертов, работающих над совершенствованием медицинских сервисов с поддержкой ИИ.

Опасен ли искусственный интеллект? Ответ не может быть однозначным. ИИ обладает огромным потенциалом, но также и значительными рисками. Важно продолжать исследования, регулировать его использование в медицине и разрабатывать меры безопасности. Только тогда ИИ станет не угрозой для общества, а надежным помощником.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Чебенова А.М. — написание и редактирование текста;
Ялакова Д.И. — написание и редактирование текста;
Корсакова Н.В. — редактирование текста, окончательное утверждение рукописи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Курышева НИ, Родионова ОЕ, Померанцев АЛ, Шарова ГА. Применение методов искусственного интеллекта при глаукоме. Часть 2. Нейросети и машинное обучение в мониторинге и лечении глаукомы. Вестник офтальмологии. 2024;140(4):80–85.
Kuryshcheva NI, Rodionova OYe, Pomerantsev AL, Sharova GA. Application of artificial intelligence in glaucoma. Part 2: neural networks and machine learning in monitoring and treatment of glaucoma. *Annals of Ophthalmology*. 2024;140(4):80–85 (In Russ.). doi: 10.17116/oftalma202414004180
2. Лебедев ДС, Журавлева НИ. Технологии искусственного интеллекта в хирургии глаза. Российский журнал биомедицинской инженерии. 2021;20(10):789–795.
Lebedev DS, Zhuravleva NI. Artificial intelligence technologies in eye surgery. *Russian Journal of Biomedical Engineering*. 2021;20(10):789–795 (In Russ.).
3. Шереметьев ЛД, Костина ЕЮ. Современные подходы к использованию ИИ в диагностике глаукомы. Вопросы здравоохранения. 2020;18(3):128–134.
Sheremetev LD, Kostina EYu. Modern approaches to the use of artificial intelligence in glaucoma diagnosis. *Health issues*. 2020;18(3):128–134 (In Russ.).
4. Сидоров ПВ, Смирнов КК. Примеры использования ИИ в офтальмологии: опыт российских клиник. Медицинская техника. 2020;35(12):56–60.
Sidorov PV, Smirnov KK. Examples of using artificial intelligence in ophthalmology: experience of Russian clinics. *Medical equipment*. 2020;35(12):56–60 (In Russ.).
5. Кравцов ГН, Захарова ЕП. ИИ в поддержке клинических решений: перспективы в офтальмологии. Инновационная медицина. 2022;11:17–24.
Kravtsov GN, Zakharova EP. AI in clinical decision support: prospects in ophthalmology. *Innovative medicine*. 2022;11:17–24 (In Russ.).
6. Куликова ТА, Чесноков АЛ. Роль ИИ в управлении хроническими заболеваниями глаз. Практическая медицина. 2020;25(16):67–72.
Kulikova TA, Chesnokov AL. The role of AI in management of chronic eye diseases. *Practical medicine*. 2020;25(16):67–72 (In Russ.).
7. Герасименко НЕ, Фролов КА. Машинное обучение в обработке данных оптической когерентной томографии. Нейрокомпьютерные разработки и применение. 2021;21:43–49.
Gerasimenko NE, Frolov KA. Machine learning in processing optical coherence tomography data. *Neurocomputer development and application*. 2021;21:43–49 (In Russ.).
8. Давыдов ВС, Мартынюк ЕА. Искусственный интеллект в персонализированной терапии глазных болезней. Научные труды Института информационных технологий. 2022;22:58–63.
Davydov VS, Martynuk EA. Artificial intelligence in personalized therapy of eye diseases. *Scientific papers of the Institute of Information Technology*. 2022;22:58–63 (In Russ.).
9. Никитин ЮГ, Панков АФ. Использование ИИ для ранней диагностики возрастной макулодистрофии. Актуальные проблемы офтальмологии. 2022;19(14):45–51.
Nikitin YG, Pankov AF. Use of AI for early diagnosis of age-related macular degeneration. *Current problems of ophthalmology*. 2022;19(14):45–51 (In Russ.).
10. Gulshan V, Peng L, Coram M, Stumpe MC, Wu D, Narayanaswamy A, Venugopal S, Widner K, Madams T, Cuadros J, Kim R, Raman R, Nelson PC, Mega JL, Webster DR. Development and validation of a deep learning algorithm for detection of diabetic retinopathy in retinal fundus photographs. *JAMA*. 2022;316(22):2402–2410. doi:10.1001/jama.2016.17216.
11. Esteva A, Kuprel B, Novoa RA, Ko J, Swetter SM, Blau HM, Thrun S. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature*. 2023;542:115–118. doi: 10.1038/nature21056.
12. Yim J, Lee S, Kim D, Park K. The role of artificial intelligence in the management of eye diseases: a review of the literature. *Ophthalmic Res*. 2020;63(1):1–9. doi: 10.1159/000502987.
13. Abramoff MD, Lavin PT, Birch M, Shah N, Folk JC. Improved automated detection of diabetic retinopathy in a large population of patients with diabetes. *JAMA Ophthalmol*. 2021;134(5):530–536. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2021.0530.
14. Ting DSW, Pasquale LR, Peng L, Campbell JP, Lee AY, Schmetreper L, Keane PA, Wong TY. Artificial intelligence and deep learning in ophthalmology. *Br J Ophthalmol*. 2021;103(2):167–175. doi: 10.1136/bjophthalmol-2018-313173.
15. Chen P, Zhang S, Xu J, Liu X, Wang Y. Artificial intelligence in ophthalmology: current applications and future directions. *Curr Opin Ophthalmol*. 2020;31(3):187–192. doi: 10.1097/ICU.0000000000000668.
16. Lee CS, Lee AY, Baughman DM. Deep learning in ophthalmology: a review of the current state of the art and future directions. *Ophthalmology*. 2024;127(1):4–12. doi: 10.1016/j.ophtha.2023.07.002.
17. Миронов АВ, Громова ОМ. Практическое применение ИИ в анализе изображений глазного дна. Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. 2021;15:32–37.
Mironov AV, Gromova OM. Practical application of artificial intelligence in retinal fundus image analysis. *Journal of scientific publications of graduate students and doctoral students*. 2021;15:32–37 (In Russ.).

A.M. Chebenova, D.I. Yalakova, N.V. Korsakova

Contact information: Chebenova Aigul M. chebenovaaigul@gmail.com

The use of Artificial Intelligence in Ophthalmological Practice

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Чебенова Айгуль Маратовна
студентка
<https://orcid.org/0009-0006-3460-6459>

Ялакова Диляра Ильгизеровна
студентка
<https://orcid.org/0009-0004-5935-2470>

Корсакова Надежда Витальевна
доктор медицинских наук, профессор кафедры офтальмологии
и отоларингологии
<https://orcid.org/0000-0002-3065-2398>

ABOUT THE AUTHORS

Chebenova Aigul M.
student
<https://orcid.org/0009-0006-3460-6459>

Yalakova Dilyara I.
student
<https://orcid.org/0009-0004-5935-2470>

Korsakova Nadezhda V.
MD, Professor of the Ophthalmology and Otolaryngology Department
<https://orcid.org/0000-0002-3065-2398>



Давыдов Дмитрий Викторович (к 60-летию со дня рождения)

Пятого марта 2026 г. исполнилось 60 лет известному ученому, доктору медицинских наук, профессору Дмитрию Викторовичу Давыдову.

Д.В. Давыдов в 1989 г. окончил лечебный факультет Московского медицинского стоматологического института им. Н.А. Семашко по специальности «лечебное дело».

Свой путь в офтальмологии Дмитрий Викторович Давыдов начал в МНТК «Микрохирургия глаза» им. С.Н. Федорова, где после окончания клинической ординатуры в 1991 г. был назначен заведующим оперблоком головной организации МНТК «Микрохирургия глаза». В 1994 г. Дмитрий Викторович защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата медицинских наук, работал старшим научным сотрудником, затем — ведущим научным сотрудником. В 2000 г. успешно защитил докторскую диссертацию (консультант — академик С.Н. Федоров), ставшую уникальным исследованием на стыке офтальмологии, пластической хирургии, полимерной химии и биологии. Дмитрий Викторович организовал отдел реконструктивно-пластической хирургии, онкологии и глазного протезирования в МНТК «Микрохирургия глаза». В дальнейшем его карьера была неразрывно связана с развитием междисциплинарного подхода в области реконструктивно-пластической хирургии. С 2015 г. Дмитрий Викторович — профессор кафедры глазных болезней лечебного факультета Российского университета медицины (МГМСУ им А.И. Евдокимова).

С 2022 г. Дмитрий Викторович является заведующим отделом онкопластической хирургии МНИОИ им. П.А. Герцена — филиала ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России.

Дмитрием Викторовичем были разработаны и внедрены в клиническую практику инновационные методики с использованием полимерных гидрофильных имплантатов, созданных совместно с Институтом нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН. Эти технологии позволяют проводить сложнейшие реконструкции орбиты через малые разрезы, обеспечивая исключительные эстетические и функциональные результаты. Особое место в его практике занимает уникальная методика лече-

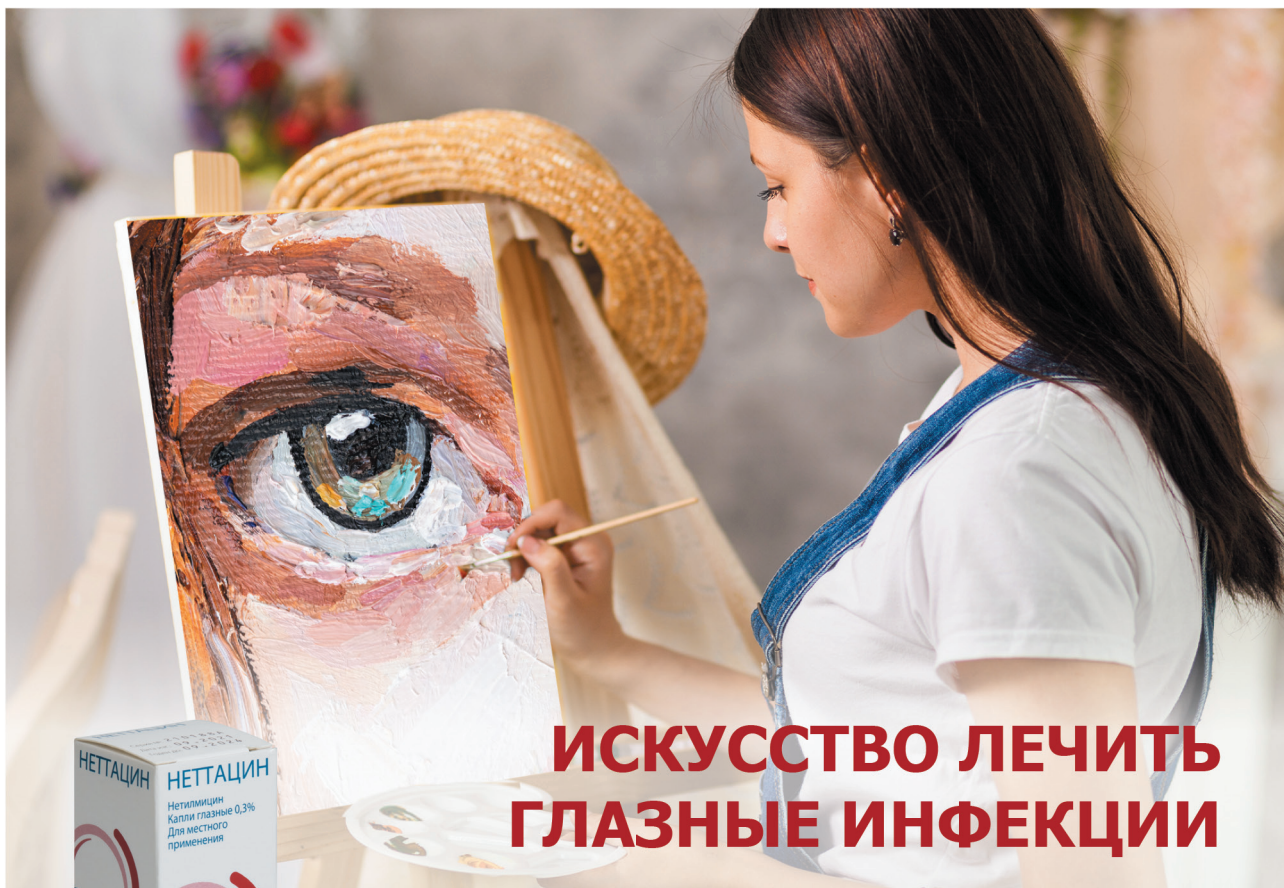
ния атрофии зрительного нерва с помощью программируемых электродов, позволяющая значительно повышать остроту зрения без агрессивного вмешательства.

За выдающийся вклад в науку и многолетнюю практику Дмитрий Викторович был включен в состав Экспертного Совета ВАК РФ по хирургическим наукам (2014–2022), в 2017 г. ему был вручен диплом в номинации «100 лучших изобретений России», он является активным членом диссертационных советов по офтальмологии и пластической хирургии и автором более 30 патентов на изобретения Российской Федерации, 2 монографий и атласа, а также автором более 200 научных публикаций. Под руководством Дмитрия Викторовича защищено 18 кандидатских и одна докторская диссертация. С 2020 г. Дмитрий Викторович является главным редактором журнала «Офтальмологические ведомости» (включен в международную базу данных Scopus в 2023 г.).

Многолетний опыт профессора Д.В. Давыдова и его приверженность микрохирургической технике позволяют успешно решать сложнейшие задачи: от коррекции анофтальмического синдрома и декомпрессии орбиты до комплексного устранения последствий тяжелых травм лица. Его работы по планированию операций с помощью МСКТ, индивидуальному моделированию имплантатов и навигации стали эталоном в современной реконструктивно-пластической хирургии.

Сегодня Дмитрий Викторович Давыдов продолжает активно заниматься хирургической, научной и педагогической деятельностью, встречая новые профессиональные вызовы, полон творческих планов и идей по развитию отечественной школы офтальмологической реконструктивно-пластической хирургии.

Коллектив журнала «Офтальмология», ученики, коллеги и друзья Дмитрия Викторовича Давыдова от всей души поздравляют его с юбилеем, сердечно благодарят за верность призванию, самоотверженный труд и мастерство, желают крепкого здоровья, творческого долголетия, оптимизма и успехов.



ИСКУССТВО ЛЕЧИТЬ ГЛАЗНЫЕ ИНФЕКЦИИ

ЛП-002024 от 12.09.2025



ЛП-000198 от 24.06.2021

Деликатное воздействие
на роговицу глаза
при инфекциях^{1,2}

- **Капли Неттацин и мазь Неттависк** — это аминогликозиды широкого спектра действия для терапии бактериальных инфекций век и наружных отделов глаза*
- **Единственный антибактериальный препарат с мнн нетилмицин в России для офтальмологического применения***



RUS-OPH-NTC-NTC-10-2023-4700

*По данным ГРЛС на 23.10.2023г.

1. Инструкция по применению лекарственного препарата Неттацин, капли глазные, РУ ЛП-002024 от 07.03.2013.

2. Инструкция по применению лекарственного препарата Неттависк, мазь глазная, РУ ЛП-000198 от 09.02.2011.

ООО «Бауш Хелс»: Россия, 115162, Москва, ул. Шаболовка, д. 31, стр. 5.

Реклама

ИНФОРМАЦИЯ ПРЕДНАЗНАЧЕНА ДЛЯ
ВРАЧЕЙ И МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ



ПОМОЩЬ ПРИ ТРАВМАХ ГЛАЗА

Корнерегель способствует заживлению при травмах и ожогах глаза^{1,2}

Максимальная концентрация декспантенола 5% для заживления роговицы^{1,3}

Глазной гель **производства Германии**¹



Дистрофия роговицы



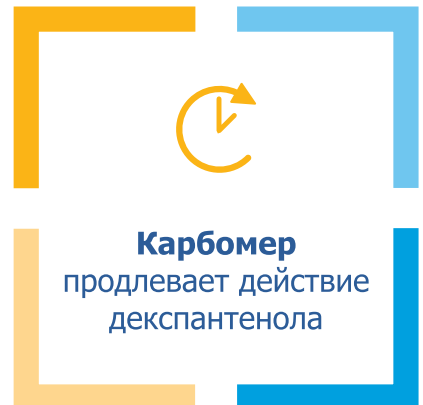
Рецидивирующие эрозии



Поражение роговицы при ношении контактных линз

В качестве вспомогательной терапии **для стимуляции заживления** роговицы и конъюнктивы при их травмах и ожогах (химических и термических)

Вспомогательное средство **при лечении инфекционных поражений** роговицы бактериального, вирусного или грибкового происхождения



Карбомер
продлевает действие
декспантенола

RUS-OPH-CRN-CRN-07-2025-5768

1. Инструкция по медицинскому применению лекарственного препарата Корнерегель, гель глазной 5%, РУ (ЛП-№(007455)-(РГ-РУ) от 07.04.2025. **2.** В качестве вспомогательной терапии. **3.** 5% - максимальная концентрация декспантенола среди глазных форм ЛС и МИ по данным Государственного реестра лекарственных средств, Государственного реестра медицинских изделий, а также по данным из открытых источников производителей (официальных сайтов, публикаций), июль 2025. Аверич В.В. Синдром «сухого глаза» при кератоконусе: аспекты этиологии и медикаментозной коррекции. Клиническая офтальмология. 2022; 22(2): 122-126



BAUSCH+LOMB

Офтальмологическая хирургическая система Stellaris




ТОРСОП

Офтальмологический трехмерный оптический когерентный томограф DRI OCT Triton



**A.R.C.
LASER**

Лазерный фотодеструктор «Q-Las»




ТОРСОП

Операционный микроскоп OMS-800

Интраокулярная линза
ENVISTA® / ENVISTA® TORIC

Линза Akreos AO

LuxSmart/LuxSmart Toric

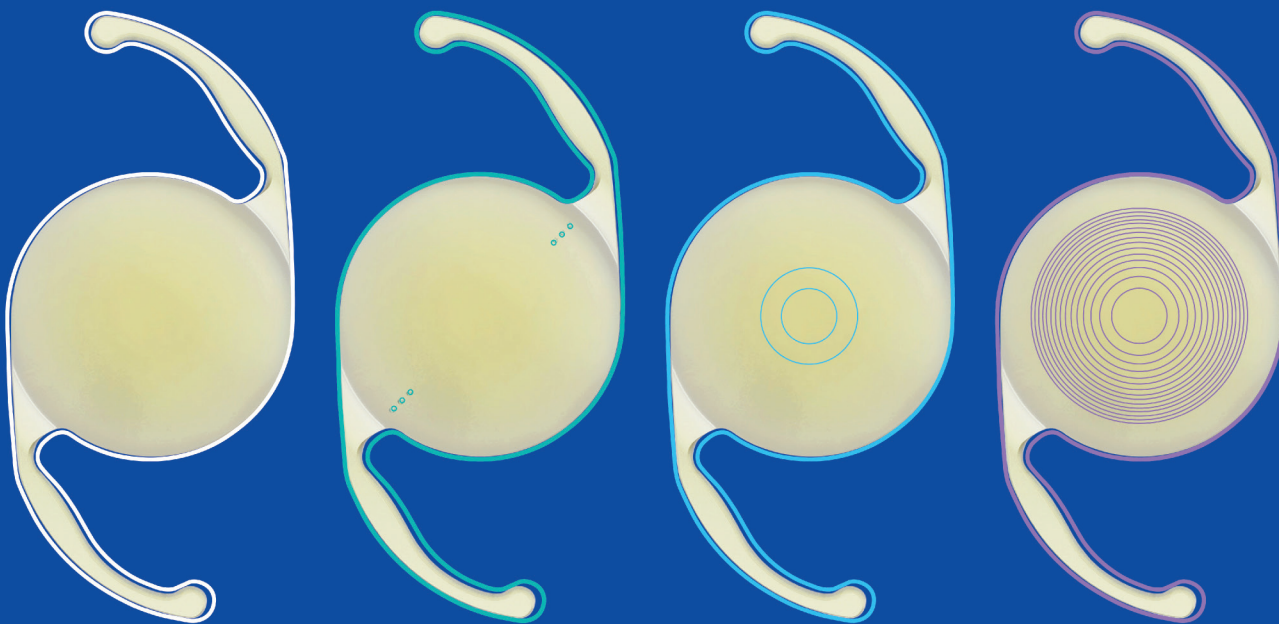


CLAREON®
COLLECTION



MONOFOCAL | TORIC | VIVITY | PANOPTIX

Непревзойденная прозрачность нового материала **Clareon**® в четырех дизайнах оптики¹⁻⁴



РЕКЛАМА

1. Вернер Л., Тхаттамла И., Онг М. и др. Журнал «Катарактальная и рефракционная хирургия», 2019 г.; 45:1490-1497. 2. Ошика Т., Фуэдзита Й., Инамура М., Минята К. Журнал «Катарактальная и рефракционная хирургия», 2020 г.; 46:682-687. 3. Леманн Р., Максвелл А., Любек Д.М., и др. Эффективность и безопасность монофокальной интраокулярной линзы Clareon: результаты 12-месячного неконтролируемого клинического исследования на большой выборке. Журнал «Клиническая офтальмология», 2021 г.; 15:1647-1657. 4. Инструкция по применению ИОЛ Clareon®, Clareon® Toric, Clareon® Vivity, Clareon® PanOptix.

Предназначено для медицинских и фармацевтических работников.
ООО «Алькон Фармацевтика» 125315, г. Москва, просп. Ленинградский, д. 72, корп. 3. Тел.: (495) 961-13-33, факс (495) 961-13-39.
RU-CLH2500011

Alcon



PRESERFLO™
MICROSHUNT

Стабильные и предсказуемые результаты теперь в Ваших руках¹⁻⁶

**PRESERFLO™ – это представитель нового поколения шунтов⁷⁻¹²
Возможная малоинвазивная альтернатива синустрабекулэктомии^{3,4}**

Обладает важными преимуществами:

- **PRESERFLO™ обеспечивает длительный и стабильный контроль ВГД¹⁻³**
- **PRESERFLO™ демонстрирует эффективное снижение ВГД, близкое к синустрабекулэктомии^{3,4}: среднее ВГД через 2 года составило 13,3 мм рт.ст. у пациентов с PRESERFLO™ по сравнению с 11,5 мм рт.ст. после синустрабекулэктомии**
- **PRESERFLO™ обеспечивает более благоприятный профиль безопасности по сравнению с синустрабекулэктомией^{4,5}: значительно меньшая частота преходящей и стойкой гипотонии в группе PRESERFLO™ – 30,9% пациентов после имплантации шунта по сравнению с 51,1% пациентов после синустрабекулэктомии⁴**
- **Изготовлен из уникального материала SIBS*, дающего ряд преимуществ в хирургии глаукомы: мягкость, гибкость, биостабильность, биосовместимость, неживотное происхождение и доказанная в исследованиях безопасность⁶⁻¹²**

1. Battle JF et al. J Glaucoma 2021;30:281-286. 2. Ahmed T et al. Jpn J Ophthalmol 2022;66:33-40. 3. American Academy Ophthalmology (AAO) 2023 Annual Meeting; November 2023. Panarelli JF, Flowers BE, Barnebey H, Moster MR, Sidoti PA, on behalf of the INN005 Study Investigators. PO176 – MicroShunt and trabeculectomy in patients with primary open-angle glaucoma: 4-year outcomes. 4. Panarelli JF et al. Ophthalmology 2023. doi: 10.1016/j.ophtha.2023.09.023 [Epub ahead of print]. 5. Baker ND et al. Ophthalmology 2021;128:1710–1721. 6. Pinchuk L et al. J Biomed Mater Res B Appl Biomater 2017;105:211-221. 7. Acosta AC et al. Arch Ophthalmol 2006;124:1742-1749. 8. Pinchuk L et al. Biomaterials 2008;29:448-460. 9. Silber S et al. Circulation 2009;120:1498-1504. 10. Ormiston JA et al. Coron Artery Dis 2013;24:61-68. 11. Kappetein AP et al. Eur J Cardiothorac Surg 2013;43:1006-1013. 12. Система дренажная для снижения внутриглазного давления PRESERFLO™ РУ №РЗН 2023/19418 от 26.01.2023. Инструкция доступна по ссылке https://roszdravnadzor.gov.ru/services/misearch?download=99821&id=59059&table_name=med_products_new

*SIBS – [поли(стирол-блок-изобутилен-блок-стирол)] полимер

ООО «САНТЭН»: Россия, 105064 Москва, Нижний Сулальный пер. 5, стр. 19, офис 402. Тел.: +7 (495) 980 8079 : веб-сайт: www.santen.com

ПРЕДНАЗНАЧЕНО ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ И ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ

PMS-RU-250001

ПРОТЕКТОР ЭПИТЕЛИЯ РОГОВИЦЫ **СФЕРО[®]ОКО** БИОМИМЕТИК ВНЕКЛЕТОЧНОГО МАТРИКСА ДЛЯ ОФТАЛЬМОЛОГИИ



ИННОВАЦИОННОЕ СРЕДСТВО С КОМПЛЕКСНЫМ ДЕЙСТВИЕМ:

ПРОТЕКТОР



Защищает

РЕПАРАНТ



Восстанавливает

РЕГИДРАНТ



Увлажняет

СТИМУЛИРУЕТ РЕГЕНЕРАЦИЮ НА КЛЕТОЧНОМ И МОЛЕКУЛЯРНОМ УРОВНЕ

СВОЙСТВА И ПРЕИМУЩЕСТВА:

- Уникальный, не имеющий аналогов по составу и действию
- Яркий выраженный регенерирующий эффект
- Гипоаллергенный
- Стерильный (радиационная стерилизация)
- Удобная упаковка в стрип-монодозах
- Не содержит консервантов

СФЕРО[®] ОКО

протектор эпителия роговицы
гелевый

РЕКЛАМА

 **БИОМИР**
сервис

Россия, 143090, Московская обл.
г. Краснознаменск, ул. Строителей, д. 10, корп. 1
Тел.: +7 499 252-36-09, +7 495 111-64-95

www.biomir.biz





ЮБИЛЕЙНАЯ X ЕВРО-АЗИАТСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ОФТАЛЬМОХИРУРГИИ

ДИСКУССИОННЫЕ ВОПРОСЫ
СОВРЕМЕННОЙ ОФТАЛЬМОХИРУРГИИ

28–29 АПРЕЛЯ 2026 • ЕКАТЕРИНБУРГ



eako-ural.ru

ОТКРЫТА
РЕГИСТРАЦИЯ

- «ЖИВАЯ» ХИРУРГИЯ
- РЕФРАКЦИОННАЯ ХИРУРГИЯ
- ВИТРЕОРЕТИНАЛЬНАЯ ХИРУРГИЯ
- ХИРУРГИЯ КАТАРАКТЫ
- ОПТИКО-РЕКОНСТРУКТИВНАЯ ХИРУРГИЯ
- ХИРУРГИЯ ГЛАУКОМЫ
- ЛАЗЕРНАЯ ХИРУРГИЯ
- ОФТАЛЬМОАНЕСТЕЗИОЛОГИЯ
- ОКУЛОПЛАСТИЧЕСКАЯ ХИРУРГИЯ
- ВИДЕОСЕКЦИЯ «НЕСТАНДАРТНАЯ ХИРУРГИЯ»
- ПОСТЕРНАЯ СЕКЦИЯ С УСТНОЙ ПРЕЗЕНТАЦИЕЙ
- WETLAB
ПО ХИРУРГИИ КАТАРАКТЫ, ГЛАУКОМЫ,
КЕРАТОПЛАСТИКЕ,
ИНТРАВИТРЕАЛЬНЫМ ИНЪЕКЦИЯМ
- МЕДИЦИНСКАЯ ВЫСТАВКА
- КУЛЬТУРНАЯ ПРОГРАММА



МИНИСТЕРСТВО
ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
СВЕРДЛОВСКОЙ
ОБЛАСТИ

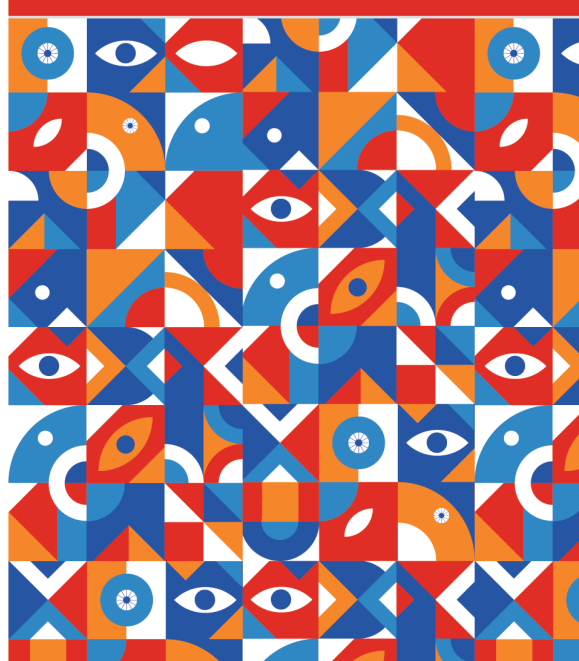


ПОД ЭГИДОЙ
ОБЩЕСТВА
ОФТАЛЬМОЛОГОВ
РОССИИ

ОРГАНИЗАТОР

ЕКАТЕРИНБУРГСКИЙ
ЦЕНТР МНТК
«МИКРОХИРУРГИЯ
ГЛАЗА»

УЧАСТИЕ БЕСПЛАТНОЕ



ПОЛИПЕПТИДНАЯ
СИСТЕМА-
СПАСАЕТ СЕТЧАТКУ
НА МОЛЕКУЛЯРНОМ УРОВНЕ.

РЕТИНАЛАМИН

РЕТИНАЛАМИН

Лиофилизат для приготовления
раствора для внутривитреальной
и парабульбарной инъекции

- Имеет уникальный состав - систему тканеспецифичных полипептидных фракций^{1,2}
- Доказанно проникает в ткани глаза³
- Эффективно взаимодействует с рецепторами сетчатки на молекулярном уровне⁴
- Влияет на ключевые механизмы дегенерации и функциональных нарушений при любой патологии сетчатки⁵

gPh ГЕРОФАРМ

geropharm.ru

ОТПУСКАЕТСЯ ПО РЕЦЕПТУ ВРАЧА. ИМЕЮТСЯ ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ. ПЕРЕД ПРИМЕНЕНИЕМ ОЗНАКОМЬТЕСЬ С ИНСТРУКЦИЕЙ

1. Инструкция по применению лекарственного препарата для медицинского применения РЕТИНАЛАМИН®, Рег. уд. ЛС-000684 от 05.02.2016
2. Хавинсон В.Х., Малинин В.В., Трофимова С.В., Земчихина В.Н. Индукционная активность пептидов сетчатки // Бюлл. Эксп. биол. Мед. 2002, Т. 134, №11, - С. 560-563
3. Отчет о научно-исследовательской работе «Экспериментальное доклиническое исследование биораспределения Ретиналамина на лабораторных животных с применением метода радиоактивной метки йодом 125», 2021 г.
4. Отчет о научно-исследовательской работе «Лиганд-рецепторное взаимодействие Ретиналамина (In Vitro)», 2021 г.
5. Отчет о научно-исследовательской работе «Экспериментальное изучение фармакологической активности препарата Ретиналамин на модели ретинопатии», Anna Pobeda, Anna Kalatanova, НИИ Фармакологии живых систем НИУ «БелГУ», 2021 г.

ПРАВИЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ЛЮБОЙ СТЕПЕНИ СУХОСТИ ГЛАЗ

В НОВОМ ДИЗАЙНЕ

HYLO®



ХИЛО-КОМОД®

Гиалуроновая кислота 0,1%

Выбор офтальмологов России*

Эффективное и длительное увлажнение, проверенное миллионами глаз. При легких и среднетяжелых видах сухости. Вплоть до IIб степени.



ХИЛОМАКС-КОМОД®

Гиалуроновая кислота 0,2%

Стандарт лечения хронических симптомов

Особенно интенсивное и длительное увлажнение благодаря двойной концентрации гиалуроновой кислоты высокой вязкости. При тяжелых формах сухости глаз и в послеоперационном периоде. Вплоть до III степени.



ВитА-ПОС®

Витамин А

Защита и увлажнение в ночное время

Улучшает свойства слезной пленки. Все стадии сухости глаз в ночное время. Вплоть до III степени.



ХИЛОЗАР-КОМОД®

Гиалуроновая кислота 0,1%
+ декспантенол

Интенсивный ежедневный уход

Защита и интенсивный уход при ежедневной зрительной нагрузке. Легкие и среднетяжелые виды сухости глаз, а также профилактическое увлажнение напряженных глаз. Вплоть до IIб степени.



ХИЛОПАРИН-КОМОД®

Гиалуроновая кислота 0,1%
+ гепарин

Увлажнение для раздраженных глаз

Увлажнение и уход за раздраженной роговицей и конъюнктивой. Легкие и среднетяжелые виды сухости глаз, в том числе сочетающиеся с хроническими заболеваниями роговицы. Вплоть до IIб степени.



*ХИЛО-КОМОД® – Победитель премии Russian Pharma Awards® 2024 в номинации “Выбор офтальмолога: капли для профилактики и лечения синдрома «сухого глаза»” по результатам голосования практикующих врачей-офтальмологов из России.

Капли линейки продуктов HYLO® отвечают всем требованиям по оптимальной переносимости и эффекту:

- ✓ Более продолжительный увлажняющий эффект благодаря длинным цепочкам гиалуроновой кислоты
- ✓ Без консервантов и фосфатов
- ✓ Содержат цитратный буфер
- ✓ Могут использоваться с контактными линзами



ГИГИЕНА ВЕК – ОСНОВА ЛЕЧЕНИЯ СИНДРОМА СУХОГО ГЛАЗА И БЛЕФАРИТОВ!

ВЕКИНГЕЛЬ® VEKINGEL®

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ГЕЛЕЙ ДЛЯ ВЕК

- при блефаритах разной этиологии, включая демодекоз
- при синдроме сухого глаза
- при дисфункции мейбомиевых желез
- при ношении контактных линз
- при подготовке к офтальмохирургическому вмешательству

Ag+

Содержат серебро и гиалуроновую кислоту



ГИПОАЛЛЕРГЕННЫЙ
СОСТАВ



Дексапантенол –
увлажнение
и питание
кожи век



Препарат серы –
при лечении
демодекоза

айби фарм®

Реклама.
Больше информации на сайте.



www.vekingel.ru