

ISSN 2072-0076 (print)  
ISSN 2587-5760 (online)

# РОССИЙСКИЙ ОФТАЛЬМОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Russian Ophthalmological Journal

РОЖ 2022  
Том 15 № 2

ROJ 2022  
Vol. 15 No. 2



ПРИЛОЖЕНИЕ

SUPPLEMENT

Клинические исследования



Clinical studies

Экспериментально-лабораторные  
исследования



Experimental and laboratory  
studies

В помощь практическому врачу



For ophthalmology practitioners

Обзоры литературы



Reviews

Информация о конференциях,  
выставках, курсах, конкурсах,  
книжных новинках...



On conferences, exhibitions,  
educational courses,  
new books...

История офтальмологии



History of Ophthalmology



# Российский офтальмологический журнал

Rossiiskij oftal'mologičeskij žurnal

Научно-практический журнал

Центральное рецензируемое издание

РОЖ 2022 Том 15 № 2

Выходит ежеквартально с сентября 2008 года

ROJ 2022 Vol. 15 No. 2

ПРИЛОЖЕНИЕ

SUPPLEMENT

## Главный редактор

**Владимир Владимирович НЕРОЕВ** — академик РАН, профессор, д-р мед. наук, директор ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, зав. кафедрой глазных болезней факультета последипломного образования МГМСУ и кафедрой непрерывного медицинского образования ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, Москва, Россия



## Заместители главного редактора

**Людмила Анатольевна КАТАРГИНА** — профессор, д-р мед. наук, заместитель директора по научной работе ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, Москва, Россия



**Елена Наумовна ИОМДИНА** — профессор, д-р биол. наук, главный научный сотрудник отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргономики ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, Москва, Россия



## Ответственный секретарь

**Ольга Валентиновна ХРАМОВА** — заведующая научно-медицинской библиотекой ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, Москва, Россия

## Редакционный совет

**Аветисов Сергей Эдуардович** — академик РАН, профессор, д-р мед. наук, научный руководитель ФГБНУ «НИИ глазных болезней», зав. кафедрой глазных болезней 1-го МГМУ им. И.М. Сеченова, Москва, Россия

**Алиев Абдул-Гамид Давудович** — профессор, д-р мед. наук, зав. кафедрой офтальмологии Дагестанской государственной медицинской академии, консультант ГУ НПО «Дагестанский центр микрохирургии глаза», Махачкала, Россия

**Баранов Валерий Иванович** — профессор, д-р мед. наук, зав. кафедрой глазных болезней Курского государственного медицинского университета, Курск, Россия

**Бикбов Мухаррам Мухтарамович** — профессор, д-р мед. наук, директор Уфимского НИИ глазных болезней АН Республики Башкортостан, Уфа, Россия

**Бойко Эрнест Витальевич** — профессор, д-р мед. наук, директор СПб филиала ФГБУ МНТК «Микрохирургия глаза» им. С.Н. Федорова», Санкт-Петербург, Россия

**Бровкина Алевтина Федоровна** — академик РАН, д-р мед. наук, профессор кафедры офтальмологии с курсом офтальмоонкологии и орбитальной патологии Российской академии последипломного образования, Минздрава России, Москва, Россия

**Джеймс Волффсон** — руководитель Высшей школы оптометрии факультета наук о жизни и здоровье Астонского университета, Бирмингем, Великобритания

**Гусева Марина Раульевна** — д-р мед. наук, профессор кафедры офтальмологии педиатрического факультета ГБОУ ВПО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва, Россия

**Хельмут Закс** — приват-доцент, д-р медицины, руководитель отдела глазной клиники Фридрихштадт, Дрезден, Германия

**Золотарев Андрей Владимирович** — профессор, д-р мед. наук, зав. кафедрой офтальмологии СамГМУ, директор НИИ глазных болезней СамГМУ, Самара, Россия

**Лебедев Олег Иванович** — профессор, д-р мед. наук, зав. кафедрой офтальмологии Омской государственной медицинской академии, Омск, Россия

**Ральф Михаэль** — д-р медицины, научный координатор, Офтальмологический институт им. Барракера, Барселона, Испания

**Мошетова Лариса Константиновна** — академик РАН, профессор, д-р мед. наук, президент Российской медицинской академии последипломного образования (РМАПО), зав. кафедрой офтальмологии РМАПО, Москва, Россия

**Фредерик Райскуп** — д-р медицины, отделение офтальмологии Университетской клиники им. Карла Густава Каруса, Дрезден, Германия



**Рябцева Алла Алексеевна** — профессор, д-р мед. наук, зав. курсом офтальмологии при кафедре хирургии ФУВ МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского, руководитель отделения офтальмологии ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского, Москва, Россия

**Саакян Светлана Владимировна** — профессор, д-р мед. наук, руководитель отдела офтальмоонкологии и радиологии ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, Москва, Россия

**Тарутта Елена Петровна** — профессор, д-р мед. наук, руководитель отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргномики ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, Москва, Россия

**Пол Т. Фингер** — д-р медицины, профессор офтальмологии школы медицины университета Нью-Йорка и директор службы офтальмоонкологии, Нью-Йоркский центр заболеваний глаза и уха, Нью-Йорк, США

**Карл П. Херборт мл.** — профессор, д-р медицины, Центр специализированной офтальмологической помощи, клиника Моншуази и Лозаннский университет, Президент Европейского общества офтальмоиммуноинфектологии, Лозанна, Швейцария

**Дамиан Чепита** — д-р медицины, почетный профессор Поморского медицинского университета, Щецин, Польша

**Чеснокова Наталья Борисовна** — профессор, д-р биол. наук, руководитель отделения патофизиологии и биохимии ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, Москва, Россия

**Шишкин Михаил Михайлович** — профессор, д-р мед. наук, зав. кафедрой офтальмологии государственного учреждения «Национальный медицинский хирургический центр им. Н.И. Пирогова», Москва, Россия

**Леопольд Шметтерер** — профессор, д-р медицины, зав. подразделением офтальмологической фармакологии отделения клинической фармакологии и зав. отделением сосудистой визуализации Центра медицинской физики и биомедицинской техники Венского медицинского университета, Вена, Австрия

**Карл Эрб** — профессор, д-р медицины, медицинский директор глазной клиники Виттенбергплатц, директор Института прикладной офтальмологии, Берлин, Германия

**Российский офтальмологический журнал** — ведущее российское периодическое издание для офтальмологов и специалистов по зрению в России и за рубежом. Целью журнала является публикация новых результатов и научно-практических достижений как российского, так и международного офтальмологического сообщества, способствующих решению актуальных проблем офтальмологии. Российский офтальмологический журнал представляет вклад российских специалистов в мировой опыт изучения патогенеза заболеваний глаз, в разработку новых подходов к их диагностике и лечению, а также является открытой трибуной для специалистов других стран, работающих в области офтальмологии. В журнале публикуются оригинальные научные статьи, обзоры по всем разделам клинической и экспериментальной офтальмологии, клинические случаи, полезные для практикующих врачей.

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия  
П И Н ФС77-29898 от 12 октября 2007 г.

Под эгидой Общероссийской общественной организации «Ассоциация врачей-офтальмологов»

© Российский офтальмологический журнал, 2022

Периодичность издания 4 номера в год

Тираж 1000 экз. Свободная цена.

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

Префикс DOI: 10.21516

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)

Журнал включен в международную базу цитирования SCOPUS

Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License

Индекс подписки в объединенном каталоге «Пресса России» по России и странам СНГ: 71618.

Перепечатка материалов, опубликованных в журнале, допускается только по письменному согласию редакции

Правила подачи публикаций размещены на странице: <https://roj.igb.ru/jour/about/submissions>

Учредитель: Нероев Владимир Владимирович — академик РАН, профессор, д-р мед. наук, директор ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России; 105062, Москва, ул. Садовая-Черногрязская, д. 14/19

Редакция: ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России; 105062, Москва, ул. Садовая-Черногрязская, д. 14/19, тел.: 8 (495) 625-32-56, факс: 8 (495) 623-73-53, e-mail: [roj@igb.ru](mailto:roj@igb.ru), <https://roj.igb.ru>

Издательство: ООО «Реал Тайм»; 115432, Москва, ул. Трофимова, д. 29, тел.: 8 (901) 546-50-70, [www.print-print.ru](http://www.print-print.ru)

Информационная поддержка: [www.organum-visus.ru](http://www.organum-visus.ru)

Типография ООО «Реальное Время»

# Russian Ophthalmological Journal

Scientific Practical Journal

Central Reviewed Journal

**РОЖ 2022 Том 15 № 2**

A Quarterly Edition. Published since Sept. 2008

**ROJ 2022 Vol. 15 No. 2**

**ПРИЛОЖЕНИЕ**

**SUPPLEMENT**

## Editor-in-Chief

*Vladimir V. Neroev* — Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr. Med. Sci., Professor, Director of Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases and Chair in Ophthalmology, Faculty of Postgraduate Education, Moscow State Medical Stomatological University, Moscow, Russia

## Deputy Editors-in-Chief

*Ludmila A. Katargina* — Dr. Med. Sci., Professor, Deputy Director of Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, Moscow, Russia

*Elena N. Iomdina* — Dr. Biol. Sci., Professor, Principal Researcher, Department of Refraction Pathology, Binocular Vision and Ophthalmoeconomics, Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, Moscow, Russia

## Executive Secretary

*Olga V. Khramova* — Chief Librarian, Medical Research Library, Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, Moscow, Russia

## Editorial Board

*Sergei E. Avetisov* — Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr. Med. Sci., Professor, Scientific Chief of State Research Institute of Eye Diseases, Head of Chair of Ophthalmology, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

*Abdul-Gamid. D. Aliev* — Dr. Med. Sci., Professor, Chair in Ophthalmology, Dagestan State Medical Academy, Makhachkala, Republic of Dagestan, Russia

*Valery I. Baranov* — Dr. Med. Sci., Professor, Head of Chair of Ophthalmology, Kursk State Medical University, Kursk, Russia

*Mukharram M. Bikbov* — Dr. Med. Sci., Professor, Director of Ufa Research Institute of Eye Diseases, Republic of Bashkortostan, Ufa, Russia

*Ernest V. Boiko* — Dr. Med. Sci., Professor, Director of St. Petersburg Branch of the S.N. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, St. Petersburg, Russia

*Alevtina F. Brovkina* — Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr. Med. Sci., Professor, Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Moscow, Russia

*James Wolffsohn* — Professor, Head of the School of Optometry, College of Health and Life Sciences, Aston University, Birmingham, United Kingdom

*Marina R. Guseva* — Dr. Med. Sci., Professor, Department of Ophthalmology, Pediatric Faculty of N.I. Pirogov Moscow State Medical University, Moscow, Russia

*Helmut Sachs* — P.D., Dr. med., Head of the Department, Eye Clinic Friedrichstadt, Dresden, Germany

*Andrey V. Zolotarev* — Dr. Med. Sci., Professor, Head of Chair of Ophthalmology, Samara State Medical University, Director of the Department of Ophthalmology, Director of the Research Institute of Eye Diseases Samara State Medical University, Samara, Russia

*Oleg I. Lebedev* — Dr. Med. Sci., Professor, Head of Chair of Ophthalmology, Omsk, Russia

*Ralph Michael* — Research Coordinator, Barraquer Ophthalmological Institute, Barcelona, Spain

*Larisa K. Moshetova* — Dr. Med. Sci., Professor, Academician of Russian Academy of Sciences (RAS), president of Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Moscow, Russia

*Frederik Raiskup* — M.D., Ph.D., FÉBO, Department of Ophthalmology, Carl Gustav Carus University Clinic, Dresden, Germany

*Alla A. Ryabtseva* — Dr. Med. Sci., Professor, Head of Department of Ophthalmology of M.F. Vladimirsky Moscow Region Research Clinical Institute, Moscow, Russia

*Svetlana V. Saakyan* — Dr. Med. Sci., Professor, Head of Department of Ocular Oncology and Radiology, Moscow Helmholtz Research Institute of Eye Diseases, Moscow, Russia

*Elena P. Tarutta* — Dr. Med. Sci., Professor, Head of Department of Pathology of Refraction, Binocular Vision and Ophthalmoeconomics, Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, Moscow, Russia

*Paul T. Finger* — Professor of Ophthalmology at the New York University School of Medicine and Director of Ocular Oncology, The New York Eye Cancer Center, New York, USA

*Carl P. Herbort* — MD, PD, fMER, FEBOPht, Centre for Specialized Ophthalmic Care, Clinic Montchoisi & University of Lausanne, President of Society for Ophthalmology-Immunoinfectiology in Europe (SOIE), Lausanne, Switzerland

*Damian Czepita* — M.D., Ph.D., Professor Emeritus, Pomeranian Medical University, Szczecin, Poland

*Natalia B. Chesnokova* — Dr. Biol. Sci., Professor, Head of Department of Pathophysiology and Biochemistry, Moscow Helmholtz Research Institute of Eye Diseases, Moscow, Russia

*Mikhail M. Shishkin* — Dr. Med. Sci., Professor, Head of Department of Ophthalmology, N.I. Pirogov National Medical Surgical Centre, Moscow, Russia

*Leopold Schmetterer* — M.D., Ph.D., Head of Division of Ophthalmic Pharmacology at Department of Clinical Pharmacology and Head of Division of Vascular Imaging at the Centre of Medical Physics and Biomedical Engineering, Medical University of Vienna, Austria

*Carl Erb* — M.D., Professor, Medical Director of Eye Clinic Wittenbergplatz, Head of the Private Institute of Applied Ophthalmology, Berlin, Germany

**Russian Ophthalmological Journal** is a major Russian periodical for ophthalmologists and vision professionals in this country and abroad. The journal's objective is to publish new results and scientific and practical achievements of Russian and international ophthalmological community aimed at exchanging ideas, knowledge, and experience, which contribute to the solution of topical ophthalmological issues worldwide. Russian ophthalmological journal focuses on the contribution of Russian researchers and clinicians into the pathogenetic studies of eye diseases and the development of novel approaches to diagnosis and treatment of such diseases. Importantly, the journal is an open forum for ophthalmologist from other countries working in the ophthalmological field. The journal accepts for publication original scientific articles, analytical reviews in all fields of clinical and experimental ophthalmology, description of clinical cases.

Registration Certificate: SMI PI #FS77-29898, issued on October 12, 2007 by the Russian Federal Surveillance service for Compliance with the Law in Mass Communications and Cultural Heritage protection

Under the auspices of All-Russian Public Organization "Association of Ophthalmologists"

© Russian Ophthalmological Journal, 2022

Publication Frequency: 4 times a year

Circulation: 1000 copies

The journal is included in the List of the leading reviewed scientific journals and editions published in the Russian Federation, as approved by the Higher Attestation Commission at the Russian Ministry of Education and Science. The authors pursuing doctoral degrees are officially required to publish the essential scientific results of their dissertations in journals appearing in this List

The journal is included in the Russian Science Citation Index (RSCI), supported by the Scientific Electronic Library ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)), and into the SCOPUS database

Each article has a DOI index. DOI-prefix: 10.21516

The content is accessible under Creative Commons Attribution 4.0 License

Subscription code in the *Pressa Rossii* Integrated catalogue for Russia and CIS countries: 71618

Reprinting of materials published in the journal is allowed only with the written consent of the publisher

Publication submission rules are to be found at <https://roj.igb.ru/jour/about/submissions#onlineSubmissions>

Founder: Vladimir Neroev, Academician of the Academy of Sciences of Russia, Dr. Med. Sci., Professor, Director of Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases; 14/19, Sadovaya Chernogryazskaya St., Moscow, 105062, Russia

Editorial Board: Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases; 14/19, Sadovaya Chernogryazskaya St., Moscow, 105062, Russia, phone: +7 (495) 625-32-56,

fax: +7 (495) 623-73-53, e-mail: [roj@igb.ru](mailto:roj@igb.ru), <https://roj.igb.ru>

Publisher: Real Time Ltd, 29, Trofimova St., Moscow, 115432, Russia, phone +7 (901) 546-50-70, [www.print-print.ru](http://www.print-print.ru)

Information Support: [www.organum-visus.ru](http://www.organum-visus.ru)

Printing Office: Real Time Ltd

# ОГЛАВЛЕНИЕ

*В.М. Малов, Е.Б. Ерошевская, И.В. Малов*  
Следуя заветам учителя .....8

## КЛИНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

*С.Н. Акулов, Е.В. Кабардина, Н.С. Бронникова*  
Офтальмогипертензия у пациентов после  
витреоретинальной хирургии с различной тампонадой  
витреальной полости..... 13

*С.Ю. Анисимова, Н.С. Анисимова, Л.Л. Арутюнян,  
А.П. Вознюк, С.И. Анисимов*  
Псевдофакичная глаукома и сублюксация интраокулярной  
линзы..... 17

*Л.Л. Арутюнян, Ю.С. Морозова, С.Ю. Анисимова,  
С.И. Анисимов*  
Оценка морфометрических параметров диска зрительного  
нерва у пациентов с различными формами открытоугольной  
глаукомы ..... 24

*М.М. Бикбов, О.И. Оренбуркина, А.Э. Бабушкин,  
И.И. Хуснитдинов, Г.З. Исрафилова*  
Комбинированная хирургия катаракты и открытоугольной  
глаукомы с применением модифицированной техники  
частично фистулизирующей операции ..... 31

*А.Ю. Брежнев, Е.А. Андросова, В.И. Баранов*  
Комплексная оценка офтальмогерiatricких изменений  
у пациентов с влажной формой возрастной макулярной  
дегенерации..... 38

*Т.В. Гаврилова, Н.А. Собянин, А.В. Патрушев,  
М.В. Черешнева*  
Повреждения органа зрения при криминальной травме.... 44

*Д.А. Дорофеев, А.А. Антонов, Д.Ю. Василенко,  
А.В. Горобец, К.А. Ефимова, Е.В. Канафин, Е.В. Карлова,  
Е.В. Кирилик, И.В. Козлова, Е.Р. Орлова, А.З. Цыганов*  
Метод измерения внутриглазного давления с  
использованием технологий искусственного интеллекта и  
аппланационной тонометрии с фиксированной силой ..... 49

*О.В. Жукова, А.В. Золотарев, М. Абида*  
Объективные характеристики аккомодации у школьников с  
прогрессирующей миопией в современных условиях..... 57

*И.А. Злобин, С.В. Чурашов, А.Н. Куликов, В.С. Чирский,  
В.Ф. Черныш, И.О. Гаврилюк*  
Выбор тактики хирургического лечения сосудистых бельм  
на основе импрессионной цитологии ..... 61

*Т.Г. Каменских, О.Н. Долинина, И.О. Колбенева,  
Е.В. Веселова*  
Интеллектуальная система принятия решения для ранней  
диагностики макулярной патологии ..... 69

*О.С. Кузнецова, С.В. Балалин*  
Клинико-функциональная система реабилитации  
пациентов с нарушениями аккомодации при эксимер-  
лазерной коррекции гиперметропии ..... 75

*А.Н. Куликов, Е.В. Даниленко, Е.Ю. Кожевников*  
Сравнение различных вариантов кератометрии у пациентов  
с роговичным астигматизмом..... 84

*Д.С. Мальцев, А.А. Казак, А.Н. Куликов, А.С. Васильев,  
М.А. Бурнашева*  
Перфузия радужной оболочки после селективной лазерной  
трабекулопластики: данные оптической когерентной  
томографии — ангиографии..... 93

*И.А. Мушкова, С.В. Костенев, Н.В. Майчук,  
М.Р. Образцова, П.О. Носиров, И.С. Мальшев*  
Современные технологии рефракционной экстракции  
линтукулы в коррекции миопии..... 98

*В.Н. Никитин, Д.И. Иванов*  
Хирургические технологии шовной фиксации к радужке  
комплекса «ИОЛ — фиброзированный капсульный мешок»  
при его дислокации ..... 104

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

*Г.С. Батурина, Л.Е. Каткова, И.М. Кузеина,  
И.Г. Пальчикова, Е.И. Соленов, И.А. Искаков*  
Сравнительное исследование клеточного транспорта в  
эндотелии роговицы глаза свиньи и человека ..... 115

*Н.П. Бгатова, Н.А. Обанина, А.В. Еремина, А.Н. Трунов,  
В.В. Черных*  
Структура сосудистого русла и интерстиция сетчатки  
глаза человека при терминальной стадии первичной  
открытоугольной глаукомы ..... 121

## В ПОМОЩЬ ПРАКТИЧЕСКОМУ ВРАЧУ

*О.И. Лебедев, А.В. Суров, Т.Ю. Матненко,  
С.Ж. Кабулдинова, О.В. Кутузов, Э.М. Науменко*  
Тяжелые заболевания переднего отдела глаза на фоне  
сопутствующей соматической патологии и COVID-19:  
клинические случаи в условиях пандемии ..... 129

*И.И. Штейнер, Е.Ю. Зубкова, А.В. Золотарев*  
Двустороннее острое закрытие угла передней камеры  
вследствие хориоидальной эффузии.  
Клинический случай ..... 138

# CONTENTS

*V.M. Malov, E.B. Eroshevskaya, I.V. Malov*  
Following the precepts of the teacher .....8

## CLINICAL STUDIES

*S.N. Akulov, E.V. Kabardina, N.S. Bronnikova*  
Ophthalmic hypertension in patients after vitreoretinal surgery with various tamponades of the vitreal cavity ..... 13

*S.Yu. Anisimova, N.S. Anisimova, L.L. Arutyunyan, A.P. Voznyuk, S.I. Anisimov*  
Pseudophakic glaucoma and intraocular lens subluxation ..... 17

*L.L. Arutyunyan, Yu.S. Morozova, S.Yu. Anisimova, S.I. Anisimov*  
Evaluation of morphometric parameters of the optic disc in patients with diverse clinical forms of open-angle glaucoma .. 24

*M.M. Bikbov, O.I. Orenburkina, A.E. Babushkin, I.I. Khusnitdinov, G.Z. Israfilova*  
Combined surgery for cataract and open-angle glaucoma by a modified technique of partially fistulizing surgery..... 31

*A.Y. Brezhnev, E.A. Androsova, V.I. Baranov*  
An integrated assessment of ophthalmogeriatric changes in patients with the wet form of age-related macular degeneration..... 38

*T.V. Gavrilova, N.A. Sobianin, A.V. Patrushev, M.V. Cheresheva*  
Ocular damages inflicted by criminal injuries ..... 44

*D.A. Dorofeev, A.A. Antonov, D.Yu. Vasilenko, A.V. Gorobets, K.A. Efimova, E.V. Kanafin, E.V. Karlova, E.V. Kirilik, I.V. Kozlova, E.R. Orlova, A.Z. Tsyganov*  
A method for measuring intraocular pressure using artificial intelligence technology and fixed-force applanation tonometry ..... 49

*O.V. Zhukova, A.V. Zolotarev, M. Abida*  
Objective characteristics of accommodation in present-day schoolchildren with progressive myopia..... 57

*I.A. Zlobin, S.V. Churashov, A.N. Kulikov, V.S. Chirsky, V.F. Chernysh, I.O. Gavrilyuk*  
Choosing the tactics of surgical treatment of vascular leukomas based on impression cytology ..... 61

*T.G. Kamenskikh, O.N. Dolinina, I.O. Kolbenev, E.V. Veselova*  
An intelligent decision-making system for early diagnosis of macular pathology ..... 69

*O.S. Kuznetsova, S.V. Balalin*  
A clinical and functional system for patients with accommodation disorders subjected to excimer laser correction of hypermetropia ..... 75

*A.N. Kulikov, E.V. Danilenko, E.Yu. Kozhevnikov*  
Comparison of keratometry versions in patients with corneal astigmatism ..... 84

*D.S. Maltsev, A.A. Kazak, A.N. Kulikov, A.S. Vasilyev, M.A. Burnasheva*  
Perfusion of the iris after selective laser trabeculoplasty: optical coherent tomography angiography data ..... 93

*I.A. Mushkova, S.V. Kostenev, N.V. Maychuk, M.R. Obraztsova, P.O. Nosirov, I.S. Malyshev*  
Modern technologies of refractive lenticular extraction in the correction of myopia ..... 98

*V.N. Nikitin, D.I. Ivanov*  
Surgical technologies of sutured iris fixation of the dislocated IOL — fibrosed capsular bag complex ..... 104

## EXPERIMENTAL AND LABORATORY STUDIES

*G.S. Baturina, L.E. Katkova, I.M. Kuseina, I.G. Palchikova, E.I. Solenov, I.A. Iskakov*  
A comparative study of endothelial cell transport in pig and human cornea ..... 115

*N.P. Bgatova, N.A. Obanina, A.V. Eremina, A.N. Trunov, V.V. Chernykh*  
The structure of human retinal vasculature and interstitium in the terminal stage of primary open-angle glaucoma ..... 121

## FOR OPHTHALMOLOGY PRACTITIONERS

*O.I. Lebedev, A.V. Surov, T.Yu. Matnenko, S.Zh. Kabuldinova, O.V. Kutuzov, E.M. Naumenko*  
Severe diseases of the anterior segment of the eye accompanied by somatic pathology and COVID-19: clinical cases under the pandemic ..... 129

*I.I. Shteyner, E.Yu. Zubkova, A.V. Zolotarev*  
Bilateral acute angle closure due to choroidal effusion: a case report ..... 138

## Дорогие читатели!

В этом специальном выпуске «Российского офтальмологического журнала» опубликованы работы, рекомендованные оргкомитетом научно-практической конференции «Ерошевские чтения — 2022». Конференция посвящена 120-летию юбилею выдающегося российского офтальмолога, Героя Социалистического Труда СССР, заслуженного деятеля науки РСФСР, члена-корреспондента АМН СССР Тихона Ивановича Ерошевского. За работы, посвященные патогенезу глаукомы и ее микрохирургическому лечению, выполненные совместно с академиками М.М. Красновым и А.П. Нестеровым, Т.И. Ерошевский был удостоен в 1975 г. Государственной премии СССР. Профессор Т.И. Ерошевский работал

директором Куйбышевского (Самарского) медицинского института и в течение многих лет возглавлял кафедру глазных болезней. Он внес весомый вклад в офтальмологическую науку и практику, стал основателем широко известной Самарской офтальмологической научной школы. Множество его учеников возглавляют кафедры глазных болезней, научные и лечебные учреждения различных регионов страны.

Опубликованные статьи отражают целый спектр актуальных научных и практических вопросов, включенных в программу конференции «Ерошевские чтения — 2022», и, на наш взгляд, представляют интерес для широкого круга специалистов-офтальмологов.

*С наилучшими пожеланиями*

*главный редактор «Российского офтальмологического журнала», главный внештатный специалист-офтальмолог Минздрава России, директор ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, заслуженный деятель науки РФ, заслуженный врач РФ, президент Общероссийской общественной организации «Ассоциация врачей-офтальмологов», заведующий кафедрой глазных болезней факультета последипломного образования Московского медико-стоматологического университета им. А.И. Евдокимова и кафедрой непрерывного медицинского образования ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, координатор «Российского национального комитета по предупреждению слепоты», академик РАН, доктор медицинских наук,*

*профессор В.В. Нероев*





## Следуя заветам учителя

В.М. Малов, Е.Б. Ерошевская ✉, И.В. Малов

ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет», ул. Чапаевская, д. 89, Самара, 443099, Россия

*К 120-летию со дня рождения профессора Тихона Ивановича Ерошевского представлена краткая творческая биография выдающегося ученого-офтальмолога. Т.И. Ерошевский внес весомый вклад в офтальмологическую науку и практику, стал основателем широко известной научной школы.*

**Ключевые слова:** Тихон Иванович Ерошевский; биография; офтальмология; научный вклад

**Конфликт интересов:** отсутствует.

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

**Для цитирования:** Малов В.М., Ерошевская Е.Б., Малов И.В. Следуя заветам учителя. Российский офтальмологический журнал. 2022; 15 (2) (Приложение): 8-12. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-8-12>

## Following the precepts of the teacher

Vladimir M. Malov, Elena B. Eroshevskaya ✉, Igor V. Malov

Samara State medical university, 89, Chapayevskaya St., Samara, 443099, Russia  
[elena.ero2206@yandex.ru](mailto:elena.ero2206@yandex.ru)

*A short biography of an outstanding Russian ophthalmologist, Professor Tikhon Ivanovich Eroshevsky is presented to commemorate his 120th anniversary. Professor Eroshevsky made a significant contribution to ophthalmological science and practice. He was the founder of a well-known scientific school.*

**Keywords:** Tikhon Ivanovich Eroshevsky; biography; ophthalmology; scientific contribution

**Conflict of interests:** there is no conflict of interests.

**Financial disclosure:** No author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

**For citation:** Malov V.M., Eroshevskaya E.B., Malov I.V. Following the precepts of the teacher. Russian ophthalmological journal. 2022; 15 (2) (supplement): 8-12 (In Russian). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-8-12>

Юбилейная конференция «Ерошевские чтения — 2022» посвящена 120-летию со дня рождения основателя Самарской офтальмологической школы профессора Тихона Ивановича Ерошевского, Героя Социалистического Труда СССР, лауреата Государственной премии СССР, заслуженного деятеля науки РСФСР, члена-корреспондента АМН СССР, почетного гражданина г. Куйбышева и г. Гурково Народной Республики Болгария.

Профессор Т.И. Ерошевский, уроженец Самарской губернии, окончил медицинский факультет Саратовского университета. По окончании университета был направлен на должность директора Саратовского офтальмологического клинического института. Вскоре по приглашению своего учителя профессора К.А. Юдина был назначен на должность

ординатора, затем ассистента кафедры глазных болезней Саратовского университета. В 1937 г. Тихону Ивановичу была присвоена ученая степень кандидата медицинских наук и звание приват-доцента, а в 1939 г. он прошел по конкурсу на должность заведующего вновь организованной кафедры глазных болезней Сталинградского медицинского института, организовал клинику на 100 коек, которая во время Великой Отечественной войны была переоборудована в госпиталь, а Тихон Иванович стал консультантом всех эвакогоспиталей Сталинграда. В 1943 г. Тихон Иванович защитил докторскую диссертацию, а в следующем году ему было присвоено звание профессора. В 1949 г. профессор Т.И. Ерошевский был назначен директором Куйбышевского медицинского института и заведующим кафедрой глазных болезней.

Будучи опытным организатором, профессор Т.И. Ерошевский был уверен, что для популяризации достижений офтальмологической науки необходимы научно-практические конференции, профильные печатные издания, специализированные журналы. Тогда только возможно распространение и внедрение в широкую клиническую практику новых достижений в любой науке, в частности в офтальмологии.

В середине 60-х годов правительство страны и Совет народного хозяйства в своих директивах предусматривали повышение уровня профилактической деятельности органов здравоохранения и культуры медицинского обслуживания населения. Задачи офтальмологов по снижению заболеваемости органа зрения и слепоты населения стали широко обсуждаться на конференциях и съездах.

В ноябре 1956 г. в Куйбышеве состоялась Всероссийская конференция глазных врачей, организованная НИИ глазных болезней имени Гельмгольца и куйбышевским отделением Общества офтальмологов России, на которой состоялось Всероссийское совещание глазных врачей и XX Научная сессия ГНИИ им. Гельмгольца (рис. 1). На этой конференции было воссоздано Всероссийское научное общество офтальмологов, председателем которого был избран директор института, кандидат медицинских наук А.В. Рославцев.

Проведение научного форума на волжской земле было всеобщим признанием достижений директора Куйбышев-

ского медицинского института профессора Т.И. Ерошевского. Тихон Иванович впервые в нашей стране в 1952 г. применил и усовершенствовал микрооперации на углу передней камеры у детей с врожденной глаукомой, создал центр по лечению этой патологии в Куйбышеве, куда съезжались больные дети со всей страны. Об успехах проведенных операций он докладывал на международных конгрессах в Каире и Мехико на английском языке. Накопленный 14-летний опыт профессора Т.И. Ерошевского в лечении детей с врожденной глаукомой не имел равного в мире.

Конференция 1956 г. положила начало одной из основных традиций самарских офтальмологов, основанных Тихоном Ивановичем в своей плодотворной научно-практической и педагогической деятельности.

Следующие две конференции были посвящены проблемам глаукомы и состоялись в 1959 и 1964 гг. Последняя из них была приурочена к открытию Куйбышевской областной глазной больницы на 300 коек, в которой были профильные отделения, такие как научно-исследовательский институт, лаборатория глазного протезирования, контактных линз, биохимии, виварий с операционной, диагностические кабинеты, учебные комнаты, конференц-залы.

Затем конференции стали регулярными и были приурочены к юбилейным датам рождения нашего учителя — профессора Т.И. Ерошевского. В 1982 г., в день 80-летия Тихона Ивановича, был организован IV Всероссийский



Рис. 1. Участники Всероссийской конференции глазных врачей. 1956 г.

Fig. 1. Participants of All-Russian conference of ophthalmologists, 1956

съезд офтальмологов (рис. 2). Последующие конференции, проводимые в память о Т.И. Ерошевском, стали именоваться «Ерошевские чтения».

Профессор Т.И. Ерошевский был замечательным педагогом, к нему всегда тянулись достойные ученики и последователи, составившие впоследствии крупнейшую офтальмологическую школу. Его огромная энергия, исключительное трудолюбие и чувство нового в сочетании с разумным консерватизмом, доброжелательность и естественная простота в общении, обаяние и широкая эрудиция, умение подобрать перспективные творческие кадры, оптимизм и высокое чувство ответственности за судьбы больных и сотрудников объясняли особую популярность Тихона Ивановича. Двадцать пять учеников из 70, защитивших диссертации, возглавили кафедры и крупнейшие офтальмологические учреждения в стране. Так, представители школы Т.И. Ерошевского заведовали кафедрами в одной трети вузов Советского Союза: доктора медицинских наук — академик РАМН и РАЕН, член-корреспондент РАН, генеральный директор МНТК «Микрохирургия глаза» С.Н. Федоров (Москва); академик РАМН, заслуженный деятель науки, лауреат Государственной премии А.П. Нестеров (Казань, Москва); заместитель генерального директора по научной работе МНТК «Микрохирургия глаза», профессор Л.Ф. Линник (Оренбург, Москва); профессор А.А. Бочкарева (Ростов-на-

Дону); профессор Д.С. Кроль (Курск); профессор В.Г. Абрамов (Иваново); профессор, заслуженный деятель науки России С.Е. Стукалов (Воронеж); профессор Н.И. Панфилов (Пенза); профессор Б.Ф. Черкунов (Рязань); профессор В.Я. Бедило (Архангельск); профессор А.Д. Семенов (Москва); доцент Н.М. Савушкина (Чита); профессор А.И. Гмыря (Донецк); доцент В.И. Балабанов (Саранск); профессор В.И. Кобзева (Кемерово); доцент В.А. Гарин (Благовещенск); директор филиала МНТК «Микрохирургия глаза», профессор В.А. Мачехин (Самара, Тамбов); главный врач Самарской офтальмологической клинической больницы им. Т.И. Ерошевского, кандидат медицинских наук А.И. Золотарева (Самара), профессор Н.И. Затулина (Самара); главный научный сотрудник ЦНИЛ СГМУ, доктор медицинских наук Р.П. Шихунова (Самара); профессор В.М. Малов (Самара); профессор В.П. Петухов (Самара) [1–3].

В 1977 г. вышел в свет учебник глазных болезней, написанный Т.И. Ерошевским и его учениками, выдержавший четыре издания, по которому и в настоящее время учатся студенты нашей страны.

Круг научных проблем, разрабатываемых Т.И. Ерошевским, был очень велик. Он был крупным специалистом в области кератопластики, глаукомы, отслойки сетчатки, близорукости, глазного травматизма. Отдельное внимание он уделял новейшим веяниям в разработке методов лечения



**Рис. 2.** IV Всероссийский съезд офтальмологов. Самара, 1982 г.  
**Fig. 2.** IV All-Russian ophthalmological congress. Samara, 1982

глазных заболеваний (фотокоагуляция, кератопротезирование, лазеры, искусственный хрусталик, витреоретинальная хирургия).

Т.И. Ерошевский был последователем и соратником академика В.П. Филатова, с которым их связывала крепкая дружба. Проблема пересадки роговицы занимала первое место в научном творчестве Тихона Ивановича. Ей были посвящены: докторская диссертация (1943), две монографии, выступления на отечественных и международных форумах, поездки для чтения лекций и демонстраций показательных операций (Кабул, 1956; Багдад, 1961). В 1972 г. в Куйбышеве создан первый в стране банк глазных тканей.

Т.И. Ерошевский был ярким представителем отечественной офтальмологии и неоднократно представлял ее за рубежом, выступая с сообщениями на международных форумах: в Лейпциге (1952) и Монреале (1954), Нью-Йорке (1954), Каире (1958) и Багдаде (1961), Праге (1962) и Мехико (1970), Ханое (1971) и Софии (1975, 1981). Опыт борьбы с трахомой был широко отражен в его докладе на I Конгрессе офтальмологов афро-азиатских стран и в лекциях для студентов и врачей Кабульского университета (1956).

Много исследований Т.И. Ерошевского было посвящено глаукоме. Изучение первичной глаукомы глубоко интересовало как самого Тихона Ивановича, так и его учеников. Об этом свидетельствуют многочисленные работы, проведенные конференции, открытие в Куйбышеве первой в Советском Союзе проблемной научно-исследовательской лаборатории по изучению глаукомы в 1965 г. Направлениями деятельности лаборатории стали разработка методов ранней диагностики, гистологическое, гистохимическое и электронно-микроскопическое изучение тканей глаза, изучение глаукомы в генетическом аспекте, роли наследственности при глаукоме, совершенствование консервативного и хирургического лечения больных с данной патологией.

В 1963 г. на I Всероссийском съезде офтальмологов Тихон Иванович поддержал С.Н. Федорова в его смелых исследованиях по имплантации искусственного хрусталика, проявив дар научного предвидения, гражданского мужества, честности и принципиальности, вступив в полемику с абсолютным большинством ученого мира, четко и аргументированно доказав актуальность и перспективность этого научного направления. Одним из первых в стране он в 1972 г. внедрил метод имплантации искусственного хрусталика в Куйбышеве и Самарском регионе, и с тех пор интраокулярная коррекция афакии приносит счастье и радость многим тысячам пациентов вновь видеть все краски окружающего мира.

Тихона Ивановича Ерошевского высоко ценят ученики и жители Самары и Самарской области. Его именем были названы: улица, созданная им областная глазная больница,



**Рис. 3.** Кабинет-музей профессора Т.И. Ерошевского  
**Fig. 3.** Cabinet-museum of professor T.I. Eroshevsky

геронтологическая премия Самарского НИИ «Международный центр по проблемам пожилых», студенческая стипендия Самарского государственного медицинского университета.

В больнице создан кабинет-музей профессора Т.И. Ерошевского (рис. 3), в котором проводятся первые занятия всех студентов Самарского государственного медицинского университета на цикле по изучению заболеваний органа зрения, занятия аспирантов, ординаторов, апробации диссертационных работ и докладов, методические заседания кафедры, студенческого научного кружка. На традициях, заложенных профессором Т.И. Ерошевским, воспитываются новые поколения отечественных и зарубежных офтальмологов.

#### *Литература/References*

1. Малов В.М., Шикунова Р.П., Ерошевская Е.Б. Тихон Ерошевский. Самара; 2002. [Malov V.M., Shikunova R.G., Eroshchikova E.B. Tikhon Eroshchikov. Samara; 2002 (in Russian)].
2. Малов В.М., Котельников Г.П., Гусарова Г.И. Самарская офтальмологическая научно-педагогическая школа Т.И. Ерошевского. В кн.: Труды Всероссийской конференции, посвященной 105-летию со дня рождения Т.И. Ерошевского, «Ерошевские чтения». Самара, 2007: 5–8. [Malov V.M., Kotelnikov G.P., Gusarova G.I. T.I. Eroshchikov Samara scientific and pedagogical ophthalmological school. In: Proc. of All-Russian conference devoted to 105 anniversary of T.I. Eroshchikov. Samara, 2007: 5–8 (in Russian)].
3. Малов В.М., Ерошевская Е.Б., Малов И.В. К 115-летию со дня рождения профессора Т.И. Ерошевского — основателя Самарской научно-педагогической школы офтальмологов. Педагогический журнал. 2017; 7 (5A): 221–6. [Malov V.M., Eroshchikova E.B., Malov I.V. To the 115 anniversary of T.I. Eroshchikov — the founder of Samara scientific and pedagogical ophthalmological school. Pedagogicheskiy zhurnal. 2017; 7 (5 A): 221–6 (in Russian)].

**Вклад авторов в работу:** В.М. Малов, Е.Б. Ерошевская, И.В. Малов — концепция и дизайн статьи, написание и редактирование текста.  
**Authors' contribution:** V.M. Malov, E.B. Eroshevskaaya, I.V. Malov — concept and design of the article, writing and editing of the text.

*Поступила: 11.04.2022. Переработана: 20.04.2022. Принята к печати: 25.04.2022*  
*Originally received: 11.04.2022. Final revision: 20.04.2022. Accepted: 25.04.2022*

#### **ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

*ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет»,  
443099, Самара, ул. Чапаевская, 89*

**Владимир Михайлович Малов** — д-р мед. наук, профессор кафедры офтальмологии

**Елена Брониславовна Ерошевская** — д-р мед. наук, профессор кафедры офтальмологии

**Игорь Владимирович Малов** — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой глазных болезней института постдипломного образования

**Для контактов:** Елена Брониславовна Ерошевская,  
elena.ero2206@yandex.ru

*Samara State medical university, 89, Chapaevskaya St., Samara, 443099, Russia*

**Vladimir M. Malov** — Dr. of Med. Sci., professor, chair of ophthalmology  
**Elena B. Eroshevskaaya** — Dr. of Med. Sci., professor, chair of ophthalmology

**Igor V. Malov** — Dr. of Med. Sci., professor, head of chair of ophthalmology of the institute of postgraduate education

**Contact information:** Elena B. Eroshevskaaya,  
elena.ero2206@yandex.ru



<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-13-16>

# Офтальмогипертензия у пациентов после витреоретинальной хирургии с различной тампонадой витреальной полости

С.Н. Акулов, Е.В. Кабардина ✉, Н.С. Бронникова

ГБУ РО «Ростовская областная клиническая больница», ул. Благодатная, д. 170, Ростов-на-Дону, 344015, Россия

**Цель работы** — провести анализ случаев офтальмогипертензии у пациентов после витреоретинальной хирургии с различной тампонадой витреальной полости. **Материал и методы.** Проанализировано 344 истории болезни пациентов в возрасте от 30 до 80 лет, которым в период с 2019 по 2021 г. включительно проведено витреоретинальное вмешательство с различной тампонадой витреальной полости по поводу макулярного разрыва, эпиретинальной мембраны, гемофтальма, отслойки сетчатки. Для выявления офтальмогипертензии проводили тонометрию до оперативного вмешательства и каждый месяц после него в течение всего срока наблюдения (2 года). **Результаты.** У 18 пациентов (из 46 с офтальмогипертензией после витреоретинальной хирургии) в течение 2 лет наблюдения произошла компенсация внутриглазного давления (ВГД), гипотензивная терапия им не потребовалась. Гипотензивная терапия (ингибиторы карбоангидразы,  $\alpha$ 2-адреномиметики) назначена 28 пациентам, из них у 4 пациентов глаукома была до витреоретинального вмешательства. Двум пациентам была проведена имплантация антиглаукоматозного устройства Express. **Заключение.** Анализ случаев офтальмогипертензии у пациентов после витреоретинальной хирургии показал, что постоперационное повышение ВГД происходит как при тампонаде силиконовым маслом, так и при использовании стерильного воздуха или газозооной смеси. Компенсация ВГД происходит в каждом случае по-разному, нужен индивидуальный подход. Не всегда достаточно одного гипотензивного препарата, в некоторых случаях требуется усиление гипотензивной терапии, а иногда и проведение антиглаукомных хирургических вмешательств.

**Ключевые слова:** витреоретинальная хирургия; офтальмогипертензия; вторичная глаукома

**Конфликт интересов:** отсутствует.

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

**Для цитирования:** Акулов С.Н., Кабардина Е.В., Бронникова Н.С. Офтальмогипертензия у пациентов после витреоретинальной хирургии с различной тампонадой витреальной полости. Российский офтальмологический журнал. 2022; 15 (2) (Приложение): 13-6. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-13-16>

## Ophthalmic hypertension in patients after vitreoretinal surgery with various tamponades of the vitreal cavity

Sergey N. Akulov, Ekaterina V. Kabardina ✉, Nadezhda S. Bronnikova

Rostov Regional Hospital, 170, Blagodatnaya St., Rostov-on-Don, 344015, Russia  
dockabardina@mail.ru

**Purpose.** To analyze the cases of ophthalmic hypertension in patients after vitreoretinal surgery with various tamponades of the vitreal cavity. **Material and methods.** We analyzed 344 case histories of patients aged 30 to 80 who underwent vitreoretinal intervention with various tamponades of the vitreal cavity for macular rupture, epiretinal membrane, hemophthalmia, retinal detachment in 2019–2021. To detect ophthalmic hypertension, all patients underwent tonometry before surgery and every month after it during the entire 2-year follow-up period. **Results.** Of the 46 patients who were diagnosed with ophthalmic hypertension after vitreoretinal surgery, 18 patients achieved intraocular pres-

sure compensation within the 2 year follow-up and they required no hypotensive therapy. 28 patients, including 4 patients who had glaucoma before vitreoretinal intervention were prescribed hypotensive therapy (carbonic anhydrase inhibitors,  $\alpha$ 2 adrenomimetics), 2 patients received an implantation of an Express anti-glaucomatous device. **Conclusions.** The analysis of ophthalmic hypertension in patients after vitreoretinal surgery showed that post-surgical IOP increase occurs both in cases of applying tamponade with silicon oil and those using sterile air or gas-air mixture. Intraocular pressure compensation follows different patterns in every case, so that an individual approach is needed. Using one antihypertensive drug may be insufficient so in some cases a stronger antihypertensive therapy is required and sometimes anti-glaucomatous surgical interventions have to be resorted to.

**Keywords:** vitreoretinal surgery; ophthalmic hypertension; secondary glaucoma

**Conflict of interests:** there is no conflict of interests.

**Financial disclosure:** No author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

**For citation:** Akulov S.N., Kabardina E.V., Bronnikova N.S. Ophthalmic hypertension in patients after vitreoretinal surgery with various tamponades of the vitreal cavity. Russian ophthalmological journal. 2022; 15 (2) (supplement): 13-6 (In Russian). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-13-16>

Витреоретинальная хирургия — наиболее сложное и вместе с тем наиболее перспективное направление хирургической офтальмологии, представляющее собой комбинированное оперативное вмешательство, которое проводится на сетчатке и стекловидном теле. Основной целью любого витреоретинального вмешательства является предотвращение утраты зрительных функций у пациента с патологией сетчатки и стекловидного тела и восстановление нормальной анатомии глаза. Любое витреоретинальное вмешательство завершается введением в витреальную полость сбалансированного физиологического раствора, стерильного воздуха или газозвушной смеси, перфторорганической жидкости или силиконового масла. Одним из осложнений витреоретинальных вмешательств с различной тампонадой витреальной полости является офтальмогипертензия и вторичная глаукома [1]. Повышение внутриглазного давления (ВГД) в послеоперационном периоде может быть вызвано различными причинами: блокадой путей оттока эритроцитами (гемолитической глаукомой), зрачковым блоком, вызванным газом или силиконом, неоваскулярной глаукомой, стероидной глаукомой, открытоугольной глаукомой, имевшейся до операции (либо предрасположенностью к ней) [1]. Основным патогенетическим механизмом повышения ВГД при силиконовой тампонаде витреальной полости является эмульгация силикона и блок трабекулярной системы микрокаплями, что, по данным разных авторов, наблюдается у 60–90% пациентов [1–7]. Повышение ВГД также зависит от ширины угла передней камеры (УПК), которая может изменяться в зависимости от положения иридохрусталиковой диафрагмы, которая при смещении вперед блокирует корнем радужки зону трабекул [1]. Поэтому вопрос контроля и компенсации ВГД после проведения витреоретинальной хирургии является актуальным.

**ЦЕЛЬ** работы — провести анализ случаев офтальмогипертензии у пациентов после витреоретинальной хирургии с различной тампонадой витреальной полости.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В рамках представленной работы проанализировано 344 истории болезни пациентов в возрасте от 30 до 80 лет, которым в период с 2019 по 2021 г. включительно было проведено витреоретинальное вмешательство в офтальмологическом отделении многопрофильного медицинского учреждения ГБУ РО «Ростовская областная клиническая больница». Витреоретинальное вмешательство проводилось по поводу макулярного разрыва, эпиретинальной мембраны, гемофтальма, отслойки сетчатки с различной тампонадой витреальной полости.

Витректомию всем пациентам проводилась по стандартной 3-портовой методике 25G на микрохирургической системе Stellaris PC (B & L) с использованием операционного микроскопа Lumera 700 (Carl Zeiss) с широкоугольной обзорной системой BIOM.

Размеры макулярного разрыва варьировали от 100 до 1500 мкм. В анализ были включены пациенты как со «свежими», так и со «старыми» макулярными разрывами. У 96 пациентов, оперированных по поводу макулярного разрыва, во всех случаях (100%) достигнуто его полное закрытие. Во время хирургии макулярного разрыва использовали методику PRP с введением в витреальную полость стерильного воздуха или газозвушной смеси.

Тампонада силиконовым маслом в хирургии макулярного разрыва не использовалась. Острота зрения у пациентов с макулярным разрывом до операции составляла от 5 до 20 знаков по таблице ETDRS, в отдаленном периоде наблюдения (до 2 лет), после проведения хирургического лечения, острота зрения у пациентов с полностью восстановленной структурой сетчатки составляла от 5 до 50 знаков по таблице ETDRS. Острота зрения в послеоперационный период зависит от давности макулярного разрыва: чем раньше проводилось хирургическое вмешательство, тем выше функциональные зрительные результаты у пациентов в отдаленном периоде наблюдения.

Всем пациентам с эпиретинальной мембраной (74 случая) тампонада витреальной полости проводилась стерильным воздухом или газозвушной смесью. Острота зрения пациентов с данной патологией до хирургического вмешательства составляла от 5 до 30 знаков по таблице ETDRS. Структура эпиретинальных мембран определялась с помощью ОКТ-диагностики. На ОКТ-сканировании эпиретинальная мембрана определялась как прилегающая или спаянная с внутренней поверхностью сетчатки полоса гиперрефлективности, в некоторых случаях наблюдали точечные спайки эпиретинальной мембраны с внутренней поверхностью сетчатки. Обращали внимание на фовеолярный профиль, в некоторых случаях он был не изменен, а в некоторых случаях наблюдали его деформацию или полное его отсутствие.

Пациентам, оперированным по поводу отслойки сетчатки, в некоторых случаях витреальная полость заполнялась силиконовым маслом 1300 Oxane (B & L), силиконовое масло с более высокой вязкостью мы не использовали. Пациентам с большими или гигантскими разрывами, с наличием тотальной отслойки сетчатки использовали силиконовое масло для более длительной тампонады витреальной полости, а в случаях локальной отслойки сетчатки проводили тампонаду га-

воздушной смесью. Во всех случаях мы наблюдали полное прилегание сетчатки.

Пациентам с гемофтальмом в анамнезе, развившимся на фоне сахарного диабета (СД) I или II типа или артериальной гипертензии, после проведения витрэктомии тампонада витреальной полости проводилась либо газовой смесью, либо силиконовым маслом I 300 Oxane (B & L). Если в ходе операции мы наблюдали полное отсутствие кровотечений, обычно у пациентов с гемофтальмом на фоне артериальной гипертензии, то витреальная полость заполнялась стерильным воздухом или газовой смесью. В более тяжелых случаях у пациентов с гемофтальмом на фоне СД I или II типа для более длительной тампонады использовали силиконовое масло. В таблице 1 представлено распределение пациентов с различной патологией в зависимости от использованной тампонады витреальной полости.

Как видно из таблицы 1, авитрия после витреоретинального вмешательства наблюдалась у 170 пациентов с патологией витреомакулярного интерфейса, у 42 пациентов с гемофтальмом и у 53 пациентов с отслойкой сетчатки. Двадцати двум пациентам с гемофтальмом и 18 пациентам с отслойкой сетчатки потребовалась тампонада витреальной полости силиконовым маслом на короткий срок — от 1 до 3 мес, затем силиконовое масло было удалено. В 39 случаях — пациентам с отслойкой сетчатки (23 пациента) и гемофтальмом (16 пациентов) — потребовалась длительная тампонада витреальной полости силиконовым маслом.

Все пациенты были оперированы одним офтальмохирургом. Обследование до и после хирургического лечения

**Таблица 1.** Распределение пациентов с различной патологией в зависимости от использованной тампонады витреальной полости  
**Table 1.** Distribution of patients with various pathologies depending on vitreal cavity tamponade

Заболевание Disease	Тампонада витреальной полости Tamponade of the vitreal cavity	
	воздушная или газовой смесью air or gas-air	силиконовое масло silicone oil
Макулярный разрыв Macular hole	96	0
Эпиретинальная мембрана Epiretinal membrane	74	0
Гемофтальм Hemophthalmos	42	38
Отслойка сетчатки Retinal detachment	53	41

**Таблица 2.** Распределение пациентов с офтальмогипертензией в постоперационном периоде в зависимости от вида тампонады витреальной полости

**Table 2.** Distribution of patients with post-surgery ophthalmohypertension depending on vitreal cavity tamponade used

Заболевание Disease	Витреальная полость Vitreal cavity	Количество пациентов Number of patients
Макулярный разрыв Macular hole	Авитрия Avitria	8
Эпиретинальная мембрана Epiretinal membrane	Авитрия Avitria	14
Отслойка сетчатки Retinal detachment	Авитрия Avitria	10
Отслойка сетчатки Retinal detachment	Силиконовое масло Silicon oil	14

включало визометрию, биомикроскопию, тонометрию, рефрактометрию, периметрию, офтальмоскопию глазного дна с помощью 3-зеркальной линзы Гольдмана, В-сканирование, ОКТ при патологии витреомакулярного интерфейса. Тонометрия проводилась до оперативного лечения и каждый месяц после него в течение всего срока наблюдения (2 года). До хирургического лечения пациенты были обследованы у смежных специалистов с компенсацией общего соматического состояния.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

После витреоретинальной хирургии у 46 из 344 пациентов — в 13,4% случаев — в постоперационном периоде наблюдалось повышение ВГД, из них у 4 пациентов глаукома была выявлена до проведения оперативного лечения. У 14 пациентов повышение ВГД отмечено при тампонаде силиконовым маслом, что, очевидно, связано с его эмульгацией, которая блокирует трабекулярную систему. В 32 случаях повышение ВГД наблюдалось у пациентов после витреоретинального вмешательства без тампонады силиконовым маслом. Причины повышения ВГД у пациентов с авитрией после витреоретинального вмешательства до конца не изучены, но мы считаем, что происходит транзиторное нарушение увеосклерального оттока внутриглазной жидкости, которое может восстановиться с течением времени у каждого пациента в разные сроки наблюдения. В таблице 2 представлено распределение пациентов с офтальмогипертензией в постоперационном периоде в зависимости от вида тампонады витреальной полости.

В основном офтальмогипертензию после витреоретинального вмешательства обнаруживали у пациентов через 1–3 мес, но в 6 случаях повышение ВГД отмечено через год после операции. Для компенсации ВГД пациентам назначали гипотензивную терапию: ингибиторы карбоангидразы 2 раза в день, если ВГД было меньше 30 мм рт. ст., при ВГД выше 30 мм рт. ст. или если не наступала компенсация на одном препарате, к терапии добавляли препараты из группы  $\alpha$ 2-адреномиметиков 2 раза в день.

У 22 пациентов с патологией витреомакулярного интерфейса (макулярный разрыв и эпиретинальная мембрана) офтальмогипертензию после хирургического лечения наблюдали через 1–3 мес, для компенсации ВГД было достаточно назначения ингибитора карбоангидразы. К 6 мес наблюдения ВГД было в пределах нормы, и гипотензивная терапия в 15 случаях была отменена. В течение дальнейшего периода наблюдения ВГД оставалось в пределах нормы.

У 10 пациентов после хирургии отслойки сетчатки без тампонады силиконовым маслом через 1–3 мес наблюдалась офтальмогипертензия. Для компенсации ВГД в 3 случаях были назначены 2 препарата (ингибитор карбоангидразы и  $\alpha$ 2-адреномиметик), в 7 случаях достаточно было одного препарата. К 6 мес наблюдения ВГД оставалось в пределах нормы, и этим пациентам гипотензивная терапия была отменена.

У 14 пациентов после хирургии отслойки сетчатки с силиконовой тампонадой через 1–6 мес наблюдалась офтальмогипертензия. Для компенсации ВГД были назначены 2 препарата (ингибитор карбоангидразы и  $\alpha$ 2-адреномиметик), что позволило нормализовать ВГД. Восемью пациентам через 2–3 мес удалили силиконовое масло из витреальной полости, что привело в 5 случаях к компенсации ВГД без гипотензивной терапии.

У 2 пациентов после витреоретинальной хирургии без тампонады витреальной полости силиконовым маслом через 3 мес после операции обнаружили повышение ВГД до 40 мм



рт. ст., был назначен максимальный режим миотиков (ингибиторы карбоангидразы,  $\alpha$ 2-адреномиметики, бета-блокаторы), но компенсировать ВГД не удалось. Так как изменений со стороны УПК у данных пациентов мы не отмечаем, то стойкое повышение ВГД у этих пациентов мы связываем с нарушением оттока внутриглазной жидкости вследствие более выраженных нарушений микроциркуляторного русла на фоне общесоматической патологии, в обоих случаях имелся атеросклероз и гипертоническая болезнь в анамнезе. Поскольку в течение месяца ВГД составляло 30–35 мм рт. ст., было принято решение о хирургическом лечении. Данным пациентам провели имплантацию антиглаукоматозного устройства Express. После антиглаукомной операции ВГД нормализовалось, и инстилляций гипотензивных препаратов не требовались.

У одного пациента после хирургии отслойки сетчатки с тампонадой витреальной полости силиконовым маслом через месяц обнаружено повышение ВГД до 28 мм рт. ст., на максимальном режиме миотиков ВГД оставалось в пределах 28–30 мм рт. ст. Через 3 мес обнаружили неоваскуляризацию радужки и УПК, пациент продолжал гипотензивную терапию, более не отмечал, но зрительные функции снизились до светопроекции. Несмотря на то, что сетчатка у данного пациента прилежала на всем протяжении, зрительные функции оставались сниженными, мы это связываем со злокачественным течением неоваскулярной глаукомы.

У 18 пациентов (из 46 пациентов с офтальмогипертензией) в течение 2 лет наблюдения произошла компенсация ВГД, и гипотензивная терапия на сегодняшний день им не требуется. Инстилляций гипотензивных препаратов продолжают 28 пациентов, из них у 4 пациентов глаукома была до витреоретинального вмешательства. Двум пациентам потребовалось для компенсации ВГД проведение антиглаукомной операции (имплантация антиглаукоматозного устройства Express).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ случаев офтальмогипертензии у пациентов после проведения витреоретинальной хирур-

гии показал, что постоперационное повышение ВГД развивается как при тампонаде силиконовым маслом, что, очевидно, связано с его эмульгацией, которая блокирует трабекулярную систему, так и при использовании стерильного воздуха или газовой смеси. Компенсация ВГД происходит в каждом случае по-разному, нужен индивидуальный подход. Не всегда для компенсации ВГД достаточно одного гипотензивного препарата, в некоторых случаях требуется усиление гипотензивной терапии, а иногда и проведение антиглаукомных хирургических вмешательств. Пациентам после проведения витреоретинальной хирургии требуется обязательное наблюдение у офтальмолога с контролем ВГД в течение нескольких лет, так как повышение ВГД у 6 пациентов наблюдалось через год после оперативного лечения.

## Литература/References

1. Захаров В.Д. Витреоретинальная хирургия. Москва; 2003. [Zakharov V.D. Vitreoretinal surgery. Moscow; 2003 (in Russian)].
2. Тахчиди Х.П., Казайкин В.Н., Сосновских В.Р. Проблемы и перспективы применения перфторуглеродов и силиконовых масел в лечении отслойки сетчатки. Новое в офтальмологии. 2000; 1: 50–3. [Takhchidi H.P., Kazaykin V.N., Sosnovskikh V.R. Problems and prospects of using perfluorocarbons and silicone oils in the treatment of retinal detachment. New in ophthalmology. 2000; 1: 50–3 (in Russian)].
3. Расин О.Г., Филичук А.Н., Савченко А.В. и др. Частота офтальмогипертензии после витреоретинальных вмешательств и ее коррекция. Таврический медико-биологический вестник. 2011; 14 (4): 400–1. [Rasine O.G., Filipchuk A.N., Savchenko A.V., et al. The frequency of ophthalmic hypertension after vitreoretinal interventions and its correction. Tauride medico-biological bulletin. 2011; 14 (4): 400–1 (in Russian)].
4. Бразитикос П. The expanding role of primary pars plana vitrectomy in the treatment of rhegmatogenous noncomplicated retinal detachment. Semin. Ophthalmol. 2000; 15 (2): 65–77. <https://doi.org/10.3109/08820530009039995>
5. Riedel K., Gabel V., Neubauer L. Intravitreal silicone oil injection: complications and treatment of 415 consecutive patients. Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol. 1990; 228 (1): 19–23. <https://doi.org/10.1007/bf02764284>
6. Schwartz S. Primary retinal detachment: scleral buckle or pars plana vitrectomy. Curr. Opin. Ophthalmol. 2006; 17 (3): 245–50. <https://doi.org/10.1097/01.icu.0000193097.28798.fc>
7. Tranos P., Asaria S., Aylward W., Sullivan P., Franks W. Long term outcome of secondary glaucoma following vitreoretinal surgery. Br. J. Ophthalmol. 2004; 88 (3): 341–3. <https://doi.org/10.1136/bjo.2003.028076>

**Вклад авторов в работу:** С.Н. Акулов — разработка концепции и дизайн исследования, написание текста статьи; Е.В. Кабардина — разработка концепции и дизайн исследования, написание текста статьи, финальная подготовка статьи к публикации; Н.С. Бронникова — разработка и дизайн исследования, написание текста статьи.

**Authors' contribution:** S.N. Akulov — concept and design of research, writing of the article; E.V. Kabardina — concept and design of research, writing of the article, final preparation of the article for publication; N.S. Bronnikova — concept and design of research, writing of the article.

Поступила: 08.02.2022. Переработана: 27.03.2022. Принята к печати: 30.03.2022  
Originally received: 08.02.2022. Final revision: 27.03.2022. Accepted: 30.03.2022

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

ГБУ РО «Ростовская областная клиническая больница», ул. Благодатная, д. 170, Ростов-на-Дону, 344015, Россия

**Сергей Николаевич Акулов** — заведующий офтальмологическим отделением

**Екатерина Владимировна Кабардина** — врач-офтальмолог офтальмологического отделения

**Надежда Сергеевна Бронникова** — врач-офтальмолог лазерного центра

**Для контактов:** Екатерина Владимировна Кабардина,  
[dockabardina@mail.ru](mailto:dockabardina@mail.ru)

State Budget Institution of Rostov region «Rostov Regional Hospital», 170, Blagodatnaya st., Rostov-on-Don, 344015, Russia

**Sergey N. Akulov** — head of the ophthalmology department

**Ekaterina V. Kabardina** — ophthalmologist, ophthalmological department

**Nadegda S. Bronnikova** — ophthalmologist, laser center

**Contact information:** Ekaterina V. Kabardina,  
[dockabardina@mail.ru](mailto:dockabardina@mail.ru)



<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-17-23>

# Псевдофакичная глаукома и сублюксация интраокулярной линзы

С.Ю. Анисимова<sup>1</sup>, Н.С. Анисимова<sup>1, 2</sup>, Л.Л. Арутюнян<sup>1, 3</sup>, А.П. Вознюк<sup>2</sup> ✉, С.И. Анисимов<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup> ООО «Глазной центр «Восток-Прозрение»», ул. Полины Осипенко, д. 10-1, Москва, 123007, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова» Минздрава России, ул. Делегатская, д. 20, стр. 1, Москва, 127473, Россия

<sup>3</sup> ФБГОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1, Москва, 125993, Россия

**Цель работы** — анализ результатов антиглаукоматозной операции с применением дренажа Ксенопласт с фиксацией комплекса «ИОЛ — капсульный мешок» у пациентов с сублюксацией и люксацией комплекса и вторичной псевдофакичной глаукомой. **Материал и методы.** Под наблюдением находилось 35 пациентов (35 глаз) в возрасте 60–92 лет с вторичной псевдофакичной ранее неоперированной глаукомой, псевдофакией, слабостью зонулярного аппарата и дислокацией или децентрацией ИОЛ. Факоэмульсификация проведена у пациентов 6–12 лет назад. Во всех случаях внутриглазное давление (ВГД) было выше 28 мм рт. ст. на инстилляциях 4–5 гипотензивных препаратов в день. Пациентам проведена антиглаукоматозная операция — непроникающая глубокая склерэктомия с имплантацией дренажа Ксенопласт в интрасклеральное пространство и одновременное подшивание комплекса «ИОЛ — капсульный мешок» к склере. При необходимости проводилась передняя витрэктомия. **Результаты.** В раннем послеоперационном периоде в 94% случаев наблюдалась умеренная гипертензия — от 26 до 28 мм рт. ст., в двух случаях ВГД в 1-е сутки после операции составило 40 мм рт. ст. Все пациенты первый месяц получали гипотензивную терапию 2–3-кратными инстилляциями ингибиторов карбоангидразы. Нормализация ВГД наблюдалась к 8 нед после операции. Через 1–2 мес всем пациентам была проведена ИАГ-лазерная гониопунктура. Острота зрения улучшалась в течение 8 нед и составила 0,1–0,8. Срок наблюдения после операции составил от 6 мес до 4 лет. **Заключение.** Одномоментное проведение непроникающей глубокой склерэктомии с имплантацией дренажа Ксенопласт и подшивание комплекса «ИОЛ — капсульный мешок» к склере у пациентов с псевдофакичной некомпенсированной глаукомой позволяют нормализовать ВГД в отдаленном послеоперационном периоде.

**Ключевые слова:** псевдофакичная глаукома; непроникающая склерэктомия; Ксенопласт; подшивание комплекса «ИОЛ — капсульный мешок»

**Конфликт интересов:** отсутствует.

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

**Для цитирования:** Анисимова С.Ю., Анисимова Н.С., Арутюнян Л.Л., Вознюк А.П., Анисимов С.И. Псевдофакичная глаукома и сублюксация интраокулярной линзы. Российский офтальмологический журнал. 2022; 15 (2) (Приложение): 17-23. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-17-23>

## Pseudophakic glaucoma and intraocular lens subluxation

Svetlana Yu. Anisimova<sup>1</sup>, Natalia S. Anisimova<sup>1, 2</sup>, Lusine L. Arutyunyan<sup>1, 3</sup>, Artem P. Voznyuk<sup>2</sup> ✉, Sergei I. Anisimov<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup> Eye care center “East Sight Recovery” 10, Bldg. 1, Poliny Osipenko St., Moscow, 123007, Russia

<sup>2</sup> A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, 20 Bldg. 1 Delegatskaya St., Moscow, 127473, Russia

<sup>3</sup> Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Department of Ophthalmology, 2/1 Bldg. 1, Barrikadnaya St., Moscow, 125993, Russia  
voznyuk\_artemy.vp@mail.ru

**Purpose.** To evaluate the results of glaucoma surgery with Xenoplast drainage and fixation of IOL/capsula bag complex in patients with subluxation and luxation of this complex and secondary pseudophakic glaucoma. **Materials and methods.** 35 patients (35 eyes) aged 60

to 92 with secondary pseudophakic previously unoperated glaucoma, pseudophakia, zonula weakness and IOL dislocation or decentration were observed. The patients underwent phacoemulsification 6 to 12 years prior to the follow-up. In all cases IOP exceeded 28 mm Hg under 4–5 hypotensive medications a day. All patients had glaucoma surgery nonpenetrating deep sclerectomy with Xenoplast drainage implantation in the intrascleral space with simultaneous IOL/capsula bag suturing to the sclera. Anterior vitrectomy was performed if proved necessary. **Results.** In early post-op period, 94% of cases showed moderate hypertension of 26 to 28 mm Hg, but 2 cases showed 40 mm Hg one day after the operation. During the first month all patients received hypotensive medication: 2–3 instillations of carbonic anhydrase inhibitors. IOP normalized by the 8th week after operation. 1 to 2 months after surgery, all patients received IAG laser goniopuncture. Vision acuity was improving for 8 weeks and reached 0.1–0.8. The observation period varied between 6 months and 4 years. **Conclusions.** Non-penetrating deep sclerotomy with Xenoplast implantation combined with IOL/capsula bag complex fixation to the sclera in cases of pseudophakic non-compensated glaucoma normalizes IOP in the long-term post-op period.

**Keywords:** pseudophakic glaucoma; non-penetrating deep sclerotomy; Xenoplast; IOL/capsula bag complex fixation

**Conflict of interests:** there is no conflict of interests.

**Financial disclosure:** No author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

**For citation:** Anisimova S. Yu., Anisimova N.S., Arutyunyan L.L., Voznyuk A.P., Anisimov S.I. Pseudophakic glaucoma and intraocular lens subluxation. Russian ophthalmological journal. 2022; 15 (2) (supplement): 17-23 (In Russian). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-17-23>

Афакия и псевдофакия — не прямые причины возникновения вторичной глаукомы. Глаукома, связанная с афакией и особенно с псевдофакией, является нередким заболеванием, учитывая, что ежегодно в мире выполняется более 1,25 млн операций по удалению катаракты [1–4].

Сегодня частота случаев вторичной глаукомы в глазах после удаления катаракты, по данным литературы, достигает примерно 4% [3, 4]. Интересно, что в нескольких больших сериях исследований, сравнивающих интракапсулярную экстракцию катаракты с экстракапсулярной, не было обнаружено различий в частоте послеоперационной глаукомы [5, 6]. Клеточные и химические медиаторы воспаления снижают функцию трабекулярной сети и отток через множество механизмов, и в разной степени. Как клетки, так и продукты воспалительного процесса могут закупоривать трабекулярную сеть и нарушать отток внутриглазной жидкости (ВГЖ) [6, 7].

Воспаление чаще связано с определенными типами ИОЛ. Положение линзы или материал, осевший на линзу во время изготовления, также могут быть причиной стойкого хронического воспаления. Воспаление вызывает гифему и подъем внутриглазного давления (ВГД), так называемый синдром UGH (uveitis-glaucoma-hyphema), который включает триаду: увеит, глаукому и гифему. Синдром UGH чаще встречался в 1970-х годах, когда широко использовались линзы со зрачковой фиксацией или ирис-клипс-линзы [8–12]. Указанный синдром чаще встречался после имплантации переднекамерных ИОЛ, но в настоящее время авторы описывают подобные случаи и после использования заднекамерных ИОЛ [7].

По-видимому, механизм развития UGH-синдрома связан с контактом поверхности ИОЛ с задней поверхностью радужки, вызывающим постоянное раздражение тканей и освобождение пигмента, что также возможно при выраженной подвижности структуры комплекса «ИОЛ — капсульный мешок». Высвобождение пигмента при этом возникает из-за трения о заднюю поверхность радужной оболочки (псевдопигментная глаукома). Этот эффект «стеклоочистителя» может привести к высвобождению такого количества пигмента, которое может вызвать повышение ВГД. Данный процесс вызывает также повреждение стенок сосудов, что приводит к кровоизлиянию, образованию гифемы и развитию воспаления [10].

Клетки-призраки (ghost cells glaucoma) способствуют возникновению глаукомы как в афакичных, так и псевдофакичных глазах, в которых произошло кровоизлияние в стекловидное тело. Повышенное ВГД при этом может

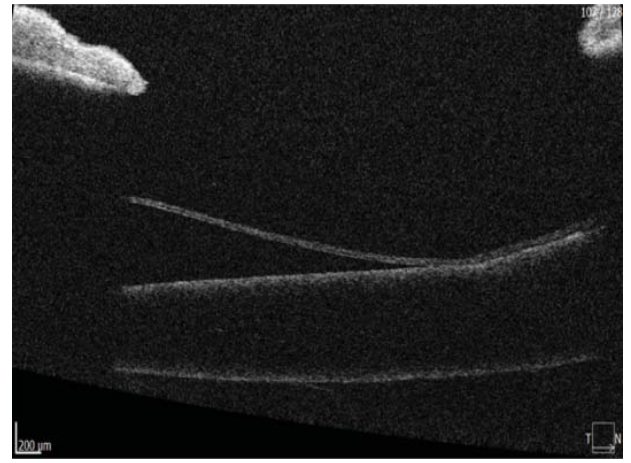
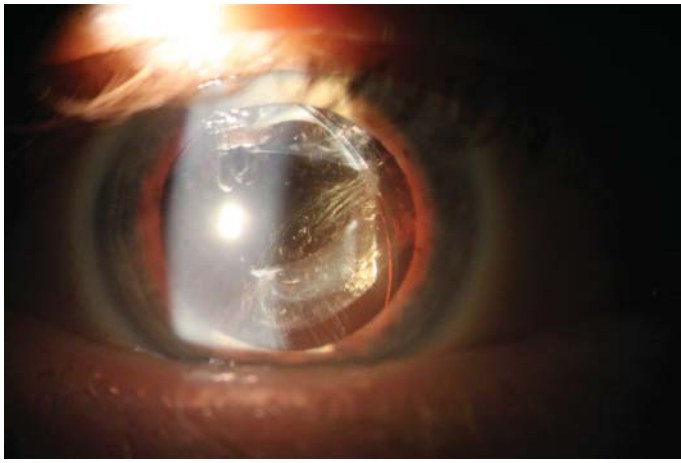
сохраняться дольше, чем ожидалось, из-за медленной элиминации крови из полости стекловидного тела. Индуцированное ИОЛ кровотечение с высвобождением клеток крови в стекловидное тело приводит к развитию вторичной глаукомы [12]. К ее развитию могут приводить и последующие дислокации комплекса «ИОЛ — капсульный мешок». Такие дислокации встречаются, по данным разных авторов, в 0,05–3% случаев [1, 13, 14].

Сроки дислокации комплекса «ИОЛ — капсульный мешок», по разным данным, варьируют от 3 мес до 11 лет, составляя в среднем  $5 \pm 2$  года [1, 13–17]. Поздние дислокации комплекса «ИОЛ — капсульный мешок» происходят из-за прогрессирующей дистрофии зонулярного аппарата и контрактуры капсулярного мешка, причем процент таких дислокаций неуклонно растет (рис. 1) [3]. Первый случай поздней спонтанной дислокации ИОЛ в капсульном мешке описан J. Davison в 1993 г. как результат капсулярного контрактационного синдрома [16].

Для стабилизации комплекса «ИОЛ — капсульный мешок» во время фактоэмульсификации (ФЭ) предлагаются различные фиксационные устройства, капсульное кольцо с фиксацией к склере в задней камере [1, 18–20]. Несмотря на это, зонулярный аппарат продолжает разрушаться, и даже небольшое повреждение может привести к полной дислокации комплекса «ИОЛ — капсульный мешок», что потребует большого вмешательства, поэтому некоторые авторы предлагают интраоперационно при ФЭ у пациентов с псевдоэкзофолиативным синдромом (ПЭС) фиксировать ИОЛ [21].

Поздние сублюксации или люксации ИОЛ в капсульном мешке происходят вследствие прогрессивного поражения зонулярного аппарата, контрактуры капсульного мешка через много лет после неосложненной ФЭ. В этих случаях комплекс «ИОЛ — капсульный мешок», как правило, фиксируется швом 9-0 (пролен) к склере и радужке [3, 15, 18, 21–26]. Применение дифференцированного подхода к технике переднего капсулорексиса в условиях подвывиха хрусталика позволяет выполнить интракапсулярную фиксацию ИОЛ и избежать капсулярного контрактационного синдрома [20].

Фильтрующая хирургия в случае развития вторичной глаукомы при афакии и псевдофакии имеет более низкий процент успеха, чем у пациентов на факичных глазах. Многоцентровое исследование 5-фторурацил-фильтрующей хирургии показало, что лишь 28% глаз, получавших послеоперационные субконъюнктивальные инъекции 5-фторурацила, нуждались в повторной операции в течение первых 3 лет после первой операции по сравнению с 60% в группе



**Рис. 1.** Поздняя дислокация комплекса «ИОЛ — капсульный мешок»  
**Fig. 1.** Late dislocation of IOL — capsular bag complex

пациентов с первичной открытоугольной глаукомой. Анти-метаболиты, 5-фторурацил и митомицин С, являются эффективным дополнением к хирургии глаукомы при афакии и псевдофакии [27].

За последние несколько лет разработаны новые устройства для микроинвазивной хирургии глаукомы (MIGS), которые вызывают все больший интерес и при комбинированной хирургии глаукомы и катаракты. По мнению Н. Saheb и соавт. [28], Н. Saheb, I.I. Ahmed [29], MIGS относится к группе хирургических процедур, характеризующихся пятью преимуществами, в частности доступ *ab interno* через чистый разрез роговицы сохраняет конъюнктиву, минимально травмируя ткани; высокий профиль безопасности позволяет избежать серьезных осложнений по сравнению с другими операциями при глаукоме, что делает их предпочтительными в комбинированной хирургии.

Стент XEN gel stent (Allergan), который также относится к MIGS, изготовлен из свиного коллагена, обработан кросслинкингом и глутаральдегидом. В дегидратированном состоянии стент жесткий, но становится мягким при контакте с жидкостью. Однако имплантация XEN gel stent подобна трабекулэктомии, ее результатом является формирование фильтрационной подушки, требующей, по мнению авторов [30], применения митомицина.

При выборе процедуры MIGS необходимо учитывать несколько факторов помимо эффекта снижения ВГД, прежде всего одним из критериев может быть механизм действия. IStent, iStent inject и Hydrus работают за счет улучшения оттока водянистой влаги в шлеммовом канале, в то время как другие варианты создают новые и, следовательно, менее физиологичные пути оттока в супрахориоидальное (SuPass и iStent Supra (Glaukos Inc.)) или субконъюнктивальное (XEN) пространство. Кроме того, необходимо учитывать профиль безопасности различных методик, особенно риск возникновения гипотонии, воспалительной реакции и т. д. [5, 31–33].

В литературе имеются сообщения о высокой эффективности коллагенового дренажа Ксенопласт, изготовленного из костного коллагена I типа и обладающего устойчивостью к биодеградации [34–36]. Этот дренаж обладает определенной универсальностью, однако отсутствуют сведения о возможности его применения при вторичной глаукоме, сочетающейся с подвывихом комплекса «ИОЛ — капсульный мешок».

**ЦЕЛЬЮ** работы явился анализ результатов антиглаукоматозной операции с применением дренажа Ксенопласт

и фиксации комплекса «ИОЛ — капсульный мешок» у пациентов с сублюксацией и люксацией комплекса и возникновением вторичной псевдофакичной глаукомы.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

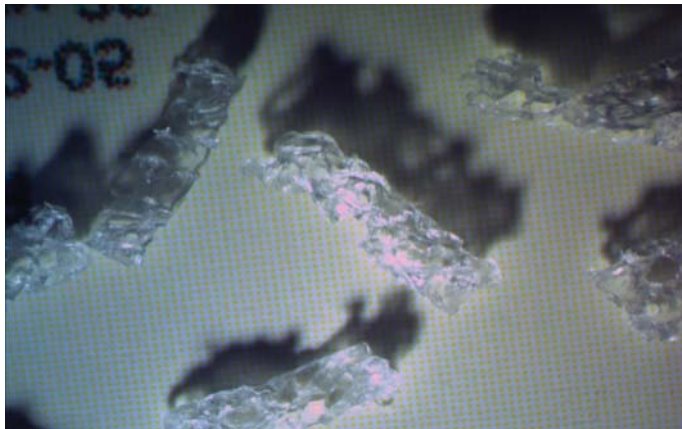
Под наблюдением находились 35 пациентов (35 глаз) в возрасте 60–92 лет с вторичной псевдофакичной и ранее неоперированной глаукомой с высоким ВГД на максимальном гипотензивном режиме, псевдофакией, слабостью зонулярного аппарата и дислокацией или децентрацией ИОЛ. Во всех случаях ВГД было выше 28 мм рт. ст. на инстилляциях 5 гипотензивных препаратов в день. Пациентам проведена антиглаукоматозная операция — непроникающая глубокая склерэктомия (НГСЭ) с имплантацией дренажа Ксенопласт в интрасклеральное пространство и одновременное подшивание комплекса «ИОЛ — капсульный мешок» к склере. При необходимости проводилась передняя витректомия. Первичная ФЭ была проведена у пациентов 6–12 лет назад.

Пациенты проходили стандартное и специальное офтальмологическое обследование за 1–7 дней до операции, которое включало компьютерную статическую периметрию, авторефрактометрию, пневмотонометрию, при необходимости — контактную тонометрию тонопеном или Icare, гониоскопию, биомикроскопию, офтальмоскопию, оптическую когерентную томографию (ОКТ) переднего отрезка, макулярной зоны сетчатки и диска зрительного нерва. ОКТ-изображения переднего отрезка глаза были получены с помощью специальной насадки. Определяли биометрические параметры и ширину угла передней камеры (УПК). Операции выполняли в амбулаторных условиях. Послеоперационное обследование проводили на 1, 3, 7-е сутки, месяц, 2–3 мес, 6–24 мес. Срок наблюдения составлял от 6 мес до 4 лет.

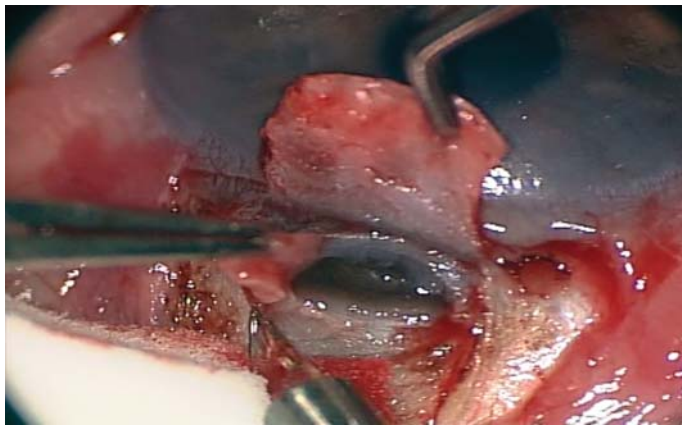
*Хирургическая техника непроникающей глубокой склерэктомии с имплантацией дренажа Ксенопласт в интрасклеральное пространство.* Использовали дренаж коллагеновый антиглаукоматозный — ДКА Ксенопласт (рис. 2). [37].

После эпibuльбарной анестезии проводится субтеноновая анестезия введением в верхненаружном квадранте 2,0 мл 2% лидокаина. При проведении НГСЭ + ДКА Ксенопласт конъюнктивальный лоскут отсепаровывают непосредственно от лимба (конъюнктивальный лоскут основанием к своду). Формируют поверхностный склеральный лоскут на 1/2 толщины склеры 4-угольной формы 4 × 4 мм основанием к лимбу, затем выкраивают и удаляют в глубоких слоях склеры 3-угольный лоскут на 1/3 ее толщины и основанием

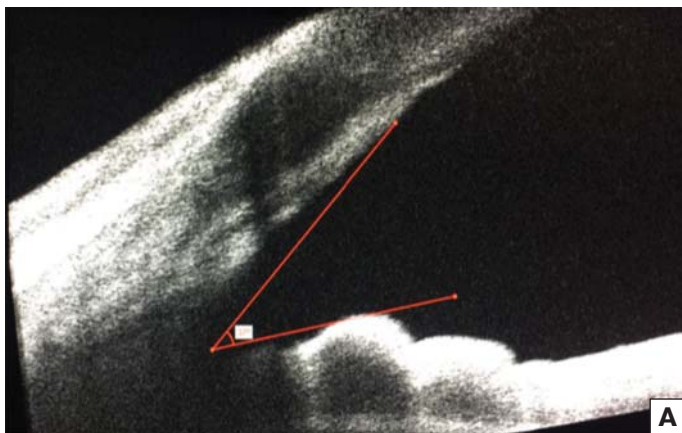
также к лимбу, удаляют вместе с наружной стенкой шлеммова канала и прилежащей тканью роговицы шириной не более 1,0 мм до десцеметовой мембраны. Ориентиром для опреде-



**Рис. 2.** Дренаж коллагеновый антиглаукоматозный — ДКА Ксенопласт  
**Fig. 2.** Collagen drainage for antiglaucoma surgery — DCA Xenoplast



**Рис. 3.** Непроницающая глубокая склерэктомия с имплантацией дренажа Ксенопласт в интрасклеральное пространство  
**Fig. 3.** Nonpenetrating deep sclerectomy with Xenoplast drainage implantation to intrascleral space



**Рис. 4.** Пациентка М., 83 года. А — ширина УПК на OD 40°, псевдофакия, децентрация ИОЛ, вторичная псевдофакичная III С глаукома (ФЭ + ИОЛ выполнены 8 лет назад). Б — ширина УПК на OS 16°, начальная катаракта  
**Fig. 4.** Patient M., 83 yrs. A — width of OD anterior chamber angle 40°, pseudophakia, IOL decentration, second pseudophakic advanced III C glaucoma (phacoemulsification with IOL implantation was performed 8 yrs. ago). Б — width of OS anterior chamber angle 16°, initial cataract

ления просвета шлеммова канала является склеральная шпора, представляющая собой связку между цилиарным телом и трабекулой. Склеральная шпора обычно ярко-белого цвета, блестящая и хорошо контрастируется на фоне склеры. Далее виден просвет шлеммова канала и трабекула. Осторожными движениями лезвия склеральная шпора отсепаровывается от склерального лоскута, затем отсепаровывается строма роговицы с обнажением лимбального края десцеметовой мембраны (рис. 3).

Таким образом, удаляемый лоскут содержит склеру, наружную стенку шлеммова канала и его эндотелиальную выстилку, а также лимбальный край стромы роговицы. Далее в сформированное интрасклеральное ложе укладывают коллагеновый пористый биологический дренаж — ДКА Ксенопласт, одним концом к шлеммову каналу, а другой его конец на 0,3 мм выступает из-под поверхностного склерального лоскута, осуществляя пластику фильтрационной подушки. ДКА Ксенопласт фиксируют швом 10-0 (нейлон) к глубоким слоям склеры.

Подшивание комплекса «ИОЛ — капсульный мешок» проводили техникой «коровий узел» (англ. Cow Hitch), данный узел еще называют «голова жаворонка» (Lark's Head) — полусхватывающий узел. Это прочный узел, способный за счет натяжения нитей стабилизировать и центрировать ИОЛ [38]. Данный метод подшивания применялся во всех случаях и при всех моделях ИОЛ.

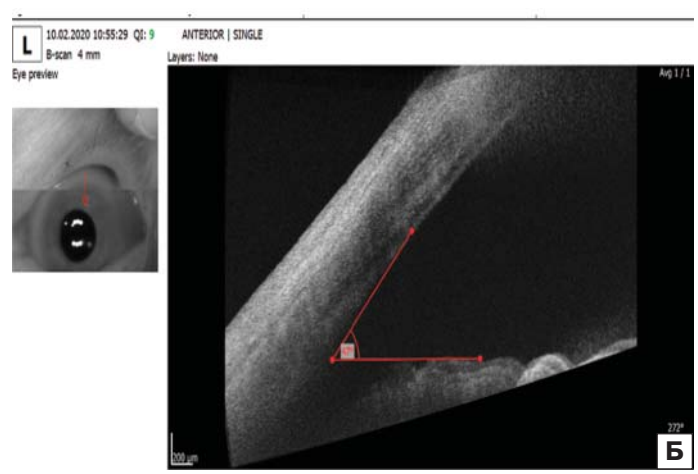
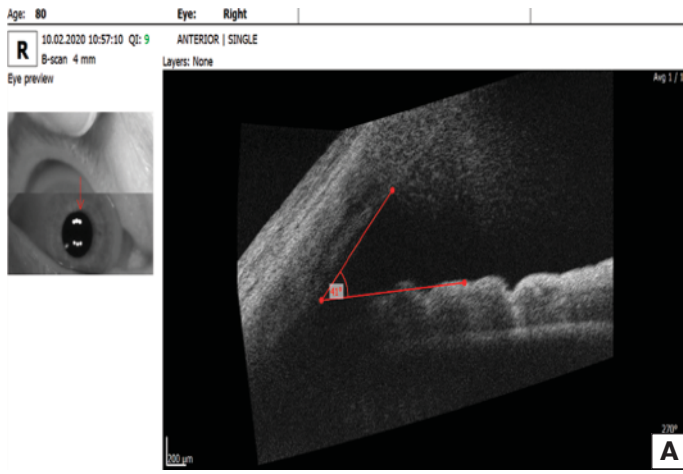
Статистический анализ проводили с использованием программы Statistica, версия 13.3 EN (Statsoft Russia). Данные представляли в виде среднего значения  $\pm$  стандартное отклонение ( $M \pm \delta$ ), а статистическая значимость была установлена на уровне  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Среднее значение ширины УПК перед операцией составило  $45 \pm 5^\circ$ . Сравнительный анализ показал меньшие значения этого параметра парного факичного глаза ( $27 \pm 7^\circ$ ), различие достоверно ( $p < 0,05$ ). На рисунках 4 и 5 представлены два клинических примера с визуализацией переднего отрезка и определением ширины УПК.

Значения ВГД перед операцией варьировали от 28 до 54 мм рт. ст., со средним значением  $36 \pm 4$  мм рт. ст., на максимальной гипотензивной терапии. В послеоперационном периоде ни в одном случае не наблюдалось значительной воспалительной реакции. В раннем послеоперационном





**Рис. 5.** Пациентка М., 80 лет. А — ширина УПК на OD 38°, начальная катаракта. Б — ширина УПК на OS 51°, псевдофакия, вторичная псевдофакическая III C глаукома (ФЭ + ИОЛ выполнены 6 лет назад)  
**Fig. 5.** Patient M., 80 yrs. A — width of OD anterior chamber angle 38°, initial cataract. Б — width of OS anterior chamber angle 51°, pseudophakia, second pseudophakic advanced III C glaucoma (phacoemulsification with IOL implantation was performed 6 yrs. ago)



**Рис. 6.** Состояние зоны фильтрации после ИАГ-лазерной гониопунктуры (ОКТ переднего отрезка)  
**Fig. 6.** Filtration area after IAG-laser goniopuncture (anterior segment OCT)

периоде у 94% пациентов наблюдалась умеренная гипертензия: от 26 до 28 мм рт. ст., в 2 случаях ВГД в 1-е сутки после операции было 40 мм рт. ст.

В случаях выраженной гипертензии проводилась разгерметизация бокового роговичного парацентеза и выпускание небольшого количества ВГЖ под щелевой лампой — метод позволял быстро снизить ВГД. Все пациенты первый месяц получали гипотензивную терапию 2–3-кратными инстилляциями ингибиторов карбоангидразы (дорзопт, бринзопт, дорзопт плюс).

Нормализация ВГД наблюдалась к 8 нед после операции. В сроке 1–2 мес всем пациентам была проведена ИАГ-лазерная гониопунктура в зоне НГСЭ (6–8 мДж) (рис. 6), которая позволила нормализовать ВГД и снизить количество инстилляций гипотензивной терапии до 1–2 препаратов в сутки.

В отдаленном послеоперационном периоде 33 (94,2%) пациентам удалось нормализовать ВГД (12–18 мм рт. ст.) на 1–3 гипотензивных препаратах. Двоим пациентам в результате отсутствия компенсации ВГД через 14 и 16 мес соответственно была выполнена повторная НГСЭ с имплантацией дренажа Ксенопласт.

Острота зрения улучшалась уже на 1-е сутки после операции и на 31 (88,5%) глазу достигла 0,3–0,8 в течение 8 нед после операции.

Результаты контроля офтальмотонуса в отдаленные сроки свидетельствуют о долговременной эффективности антиглаукомной операции с применением дренажа Ксенопласт и фиксацией комплекса «ИОЛ — капсульный мешок» у пациентов с вторичной псевдофакической глаукомой. Однако относительно более высокий риск снижения фильтрующей функции антиглаукомного компонента у этой категории пациентов требует постоянного контроля ВГД и не исключает дополнительной гипотензивной медикаментозной поддержки. Даже после стандартно выполненной ФЭ отмечаются значительные морфологические сдвиги в углу передней камеры, которые могут создавать предпосылки для дополнительного натяжения трабекулярной структуры. Это может усилить предрасположенность к блокаде шлеммова канала и диктует необходимость постоянно контролировать ВГД у этих пациентов, а ФЭ не может считаться хирургией, обеспечивающей профилактику развития первичной открытоугольной глаукомы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одномоментное проведение непроникающей глубокой склерэктомии с имплантацией дренажа Ксенопласт и подшиванием комплекса «ИОЛ — капсульный мешок» к склере у пациентов с псевдофакичной некомпенсированной глаукомой позволяет нормализовать ВГД в отдаленном послеоперационном периоде и улучшить зрительные функции.

### Литература/References

1. Егорова Е.В., Черных В.В. Сравнительная оценка отдаленных результатов выполнения первичного заднего капсулорексиса при псевдоэкзофоллиативном синдроме. РМЖ. Клиническая офтальмология. 2019; 19 (4): 195–200. [Egorova E.V., Chernykh V.V. Comparative analysis of long-term outcomes of primary posterior continuous curvilinear capsulorhexis in pseudoexfoliation syndrome. Russian journal of clinical ophthalmology. 2019; 19 (4): 195–200 (in Russian)]. doi: 10.32364/2311-7729-2019-19-4-195-200
2. Шуко А.Г., Мищенко О.П., Сенченко Н.А., Юрьева Т.Н. Факторы риска и осложнения, возникающие после поздней спонтанной дислокации комплекса «заднекамерная ИОЛ — капсульный мешок» в стекловидное тело. Офтальмохирургия. 2017; 1: 21–5. [Shchuko A.G., Mischenko O.P., Senchenko N.A., Iureva T.N. Risk factors and complications arising in case of late spontaneous dislocations of the complex “posterior chamber IOL — capsular bag” into the vitreous body. Ophthalmosurgery. 2017; 1: 21–5 (in Russian)]. doi: 10.25276/0235-4160-2017-1-21-25
3. Ascaso F.J., Huerva V., Grzybowski A. Epidemiology, etiology and prevention of late IOL-capsular bag complex dislocation: review of the literature. J. Ophthalmol. 2015; 2015: 805706. doi: 10.1155/2015/805706
4. Barron B.A., Busin M., Page C., et al. Comparison of the effects of Viscoat and Healon on postoperative intraocular pressure. Am. J. Ophthalmol. 1985; 100 (3): 377–84. doi: 10.1016/0002-9394(85)90497-0
5. Grover D.S., Flynn W.J., Bashford K.P., et al. Performance and safety of a new ab interno gelatin stent in refractory glaucoma at 12 months. Am. J. Ophthalmol. 2017; 183: 25–36. doi: 10.1016/j.ajo.2017.07.023
6. Hoskins H.D. Management of pseudophakic glaucoma. In: Greve E.L., eds. Surgical management of coexisting glaucoma and cataract. Amsterdam: Kugler Publications; 1987: 41–7.
7. Kooner K.S., Dulaney D.D., Zimmerman T.J. Intraocular pressure following secondary anterior chamber lens implantation. Ophthalmic Surg. 1988; 19 (4): 274–6.
8. Choyce D.P. Complications of the AC implants of the early 1950's and the UGH or Ellingson syndrome of the late 1970's. Am. Intraocular. Implant. Soc. J. 1978; 4 (2): 22–9. doi: 10.1016/s0146-2776(78)80051-2
9. Melamed S. Alterations of trabecular aqueous flow after cataract extraction. Ophthalmic Surg. 1987; 18 (12): 878–81.
10. Naveh-Floman N., Rosner M., Blumenthal M. Pseudophakic pupillary block glaucoma with posterior-chamber intraocular lens. Glaucoma. 1985; 7: 262–5.
11. Percival S.P., Das S.K. UGH syndrome after posterior chamber lens implantation. Am. Intraocular Implant Soc. J. 1983; 9 (2): 200–1. doi: 10.1016/s0146-2776(83)80048-2
12. Summers C.G., Lindstrom R.L. Ghost cell glaucoma following lens implantation. Am Intraocular Implant Soc. J. 1983; 9 (4): 429–33. doi: 10.1016/s0146-2776(83)80084-6
13. Белоноженко Я.В., Поступаева Н.В., Сорокин Е.Л., Терещенко Ю.А. Частота подвывиха хрусталика I степени у пациентов с катарактой. Катарактальная и рефракционная хирургия. 2013; 13 (4): 10–3. [Belonozhenko Ja.V., Postupaeva N.V., Sorokin E.L., Tereshhenko Ju.A. The frequency of the lens subluxation first degree with age-related cataract. J. Cataract Refractive Surgery. 2013; 13 (4): 10–3 (in Russian)].
14. Белоноженко Я.В., Сорокин Е.Л. Стабилизация положения ИОЛ при хирургии катаракты на фоне подвывиха хрусталика. Москва; 2020. [Belonozhenko Ja.V., Sorokin E.L. Stabilization of IOL position during cataract surgery in cases of lens subluxation. Moscow; 2020 (in Russian)].
15. Chan C.C., Crandall A.S., Ahmed I.K. Ab externo scleral suture loop fixation for posterior chamber intraocular lens decentration: clinical results. J. Cataract. Refract. Surg. 2006; 32 (1): 121–8. doi: 10.1016/2005.06.050
16. Davison J. Capsular contraction syndrome. J. Cataract. Refract. Surg. 1993; 19 (5): 582–9. doi: 10.1016/s0886-3350(13)80004-1
17. Gross J.G., Kokame G.T., Weinberg D.V. Dislocated in the bag intraocular lens study group. In-the-bag intraocular lens dislocation. Am. J. Ophthalmol. 2004; 137 (4): 630–5. doi: 10.1016/j.ajo.2003.10.037
18. Кожухов А.А., Унгурьянов О.В. Микроинвазивная техника репозиции заднекамерных ИОЛ с подшиванием через плоскую часть цилиарного тела без использования вискоэластика. Современные технологии в офтальмологии. 2018; 5: 46–8. [Kozhukhov A.A., Unguryanov O.V. Microinvasive technique for repositioning posterior chamber IOLs with suturing through the pars plana without the use of viscoelastic. Modern technologies in ophthalmology. 2018; 5: 46–8 (in Russian)]. doi: 10.25276/2312-4911-2018-5-46-48
19. Пауштаев Н.П., Куликов И.В., Пикусова С.Н. Фемтолазер-ассистированная экстракция катаракты и традиционная факоэмульсификация при подвывихе хрусталика. Вестник офтальмологии. 2018; 134 (3): 65–72. [Pashtaeв N.P., Kulikov I.V., Pikusova S.N. Femto-assisted cataract surgery and traditional phacoemulsification in cases of lens subluxation. Vestnik of ophthalmology. 2018; 134 (3): 65–72 (in Russian)]. doi: 10.17116/2018134365
20. Юсеф Ю.Н., Юсеф С.Н., Воронин Г.В. и др. Методика хирургической профилактики капсулярного контракционного синдрома в ходе факоэмульсификации. Современные технологии в офтальмологии. 2020; 4: 405–6. [Yusef Yu.N., Yusef S.N., Voronin G.V., et al. Method of surgical prophylaxis against anterior capsular contraction syndrome during phacoemulsification. Modern technologies in ophthalmology. 2020; 4: 405–6 (in Russian)]. doi: 10.25276/2312-4911-2020-4-405-406
21. Yamane S., Sato S., Maruyama-Inoue M., Kadonosono K. Flanged intrascleral intraocular lens fixation with double-needle technique. Ophthalmology. 2017; 124 (8): 1136–42. doi: 10.1016/2017.03.036
22. Шиловских О.В., Катаева З.В. Поздние дислокации ИОЛ: хирургия и результаты. Современные технологии в офтальмологии. 2020; 4: 398–9. [Shilovskiy O.V., Kataeva Z.V. Late IOL dislocations — surgery and results. Modern technologies in ophthalmology. 2020; 4: 398–9 (in Russian)]. doi: 10.25276/2312-4911-2020-4-398-399
23. Subasi S., Yuksel N., Karabas V.L., Yilmaz Tugan B. Late in-the-bag spontaneous IOL dislocation: Risk factors and surgical outcomes. Int. J. Ophthalmol. 2019; 12 (6): 954–60. doi: 10.18240/2019.06.12
24. Yang Y., Yao T.T., Zhou Y.L., Wang Y.X., Wang Z.Y. A modified intrascleral intraocular lens fixation technique with fewer anterior segment manipulations: 27-gauge needle-guided procedure with built-in 8-0 absorbable sutures. BMC Ophthalmol. 2019; 19 (1): 234. doi: 10.1186/12886-019-1239-2
25. Bedda A.M., Goweini H.F., Abdelhadi A.M., Elhady A.M. Evaluation of suturless scleral fixation with posterior chamber foldable intraocular lens implantation. Int. J. Ophthalmol. 2019; 12 (8): 1283–9. doi: 10.18240/2019.08.08
26. Kirk T.Q., Condon G.P. Simplified ab externo scleral fixation for late-in-the-bag intraocular lens dislocation. J. Cataract. Refract. Surg. 2013; 39 (3): 489. doi: 10.1016/2012.08.018
27. Kitazawa Y., Kawase K., Matsushita H., Minobe M. Trabeculectomy with mitomycin: a comparative study with fluorouracil. Arch. Ophthalmol. 1991; 109 (12): 1693–8. doi: 10.1001/archoph.1991.01080120077030
28. Saheb H., Ahmed I.I. Micro-invasive glaucoma surgery: current perspectives and future directions. Curr. Opin. Ophthalmol. 2012; 23 (2): 96–104. doi: 10.1097/ICU.0b013e32834ff1e7
29. Belovay G.W., Nagi A., Chan B.J., Rateb M., Ahmed I.I. Using multiple trabecular micro-bypass stents in cataract patients to treat open-angle glaucoma. J. Cataract. Refract. Surg. 2012; 38 (11): 1911–7. doi: 10.1016/2012.07.017
30. Lewis R.A. Ab interno approach to the subconjunctival space using a collagen glaucoma stent. J. Cataract. Refract. Surg. 2014; 40 (8): 1301–6. doi: 10.1016/2014.01.032
31. Hoeh H., Vold S.D., Ahmed I.K., et al. Initial clinical experience with the CyPass micro-stent: safety and surgical outcomes of a novel supraciliary microstent. J. Glaucoma. 2016; 25 (1): 106–12. doi: 10.1097/IJG.000000000000134
32. Katz L.J., Erb C., Carceller A., et al. Prospective, randomized study of one, two, or three trabecular bypass stents in open-angle glaucoma subjects on topical hypotensive medication. Clin. Ophthalmol. 2015; 9: 2313–20. doi: 10.2147/OPHT.S96695
33. Pfeiffer N., Garcia-Feijoo J., Martinez-de-la-Casa J.M., et al. A randomized trial of a Schlemm's canal microstent with phacoemulsification for reducing intraocular pressure in open-angle glaucoma. Ophthalmology. 2015; 122 (7): 1283–93. doi: 10.1016/2015.03.031
34. Анисимова С.Ю., Анисимов С.И., Рогачева И.В. и др. Новый нерассасываемый коллагеновый дренаж для повышения эффективности непроникающей глубокой склерлимбэктомии. Глаукома. 2003; 1: 19–23. [Anisimova S.Yu., Anisimov S.I., Rogacheva I.V., et al. New non-absorbable collagen drainage to improve the effectiveness of non-penetrating deep sclerolimbectomy. Glaucoma. 2003. 1: 19–23 (in Russian)].
35. Анисимова С.Ю., Анисимов С.И., Ларионов Г.Г. Морфологические исследования после имплантации антиглаукоматозного коллагенового дренажа. Российские медицинские вести. 2005; 3: 53–6. [Anisimova S.Yu., Anisimov S.I., Larionov G.G. Morphological studies after implantation of antiglaucomatous collagen drainage. Russian medical news. 2005; 3: 53–6 (in Russian)].
36. Гайджару Т.П. Динамика коэффициента легкости оттока после ангулярно-супрахиориоидального дренирования у больных первичной глаукомы. Запорожский медицинский журнал. 2014; 4 (85): 26–9. [Gaydzharu T.P. The dynamics of the coefficient of lightness outflow after angular-suprachoroidal drainage in patients with primary glaucoma. Zaporozhye medical journal. 2014; 4 (85): 26–9 (in Russian)].

37. *Анисимова С.Ю., Анисимов С.И.* Дренаж коллагеновый для антиглаукоматозных операций. Патент РФ № 48768; 2005. [*Anisimova S.Yu., Anisimov S.I.* Collagen drainage for antiglaucoma surgery. Patent RF № 48768; 2005 (in Russian)].
38. *Шамов А.П.* Способы и схемы вязки узлов и их применение в туристской технике: учебное пособие. Ростов-на-Дону; 2006. [*Shamov A.P.* Methods and schemes of knitting knots and their application in tourist equipment: A textbook. Rostov-na-Donu; 2006 (in Russian)].

**Вклад авторов в работу:** С.Ю. Анисимова, С.И. Анисимов — концепция и дизайн исследования, консультирование и редактирование; Н.С. Анисимова, Л.Л. Арутюнян, А.П. Вознюк — сбор и обработка данных, написание текста.

**Authors' contribution:** S.Yu. Anisimova, S.I. Anisimov — concept and design of the study, consulting and editing; N.S. Anisimova, L.L. Arutyunyan, A.P. Voznyuk — data collection and processing, writing of the article.

*Поступила: 07.02.2022. Переработана: 04.03.2022. Принята к печати: 09.03.2022*  
*Originally received: 07.02.2022. Final revision: 04.03.2022. Accepted: 09.03.2022*

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

<sup>1</sup> ООО «Глазной центр «Восток-Прозрение»», ул. Полины Осипенко, д. 10-1, Москва, 123007, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова» Минздрава России, ул. Десятская, 20, стр. 1, Москва, 127473, Россия

<sup>3</sup> ФБГОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1, Москва, 125993, Россия

**Светлана Юрьевна Анисимова** — д-р мед. наук, профессор, директор<sup>1</sup>  
**Наталья Сергеевна Анисимова** — канд. мед. наук, главный врач<sup>1</sup>, ассистент кафедры офтальмологии<sup>2</sup>

**Лусине Левоновна Арутюнян** — д-р мед. наук, заведующая диагностическим отделом<sup>1</sup>, профессор кафедры офтальмологии<sup>3</sup>

**Артем Петрович Вознюк** — аспирант, врач-офтальмолог<sup>2</sup>

**Сергей Игоревич Анисимов** — д-р мед. наук, научный директор<sup>1</sup>, профессор кафедры офтальмологии<sup>2</sup>

**Для контактов:** Артем Петрович Вознюк,  
voznyuk\_artemy.vp@mail.ru

<sup>1</sup> Eye care center “East Sight Recovery” 10, Bldg. 1, Poliny Osipenko St., Moscow, 123007, Russia

<sup>2</sup> A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, 20 Bldg. 1 Delegatskaya St., Moscow, 127473, Russia

<sup>3</sup> Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Department of Ophthalmology, 2/1 Bldg. 1, Barrikadnaya St., Moscow, 125993, Russia

**Svetlana Yu. Anisimova** — Dr. of Med. Sci., professor, director<sup>1</sup>  
**Natalia S. Anisimova** — Cand. of Med. Sci., chief physician<sup>1</sup>, assistant, ophthalmology department<sup>2</sup>

**Lusine L. Arutyunyan** — Dr. of Med. Sci., head of the diagnostics department<sup>1</sup>, professor, chair of ophthalmology<sup>3</sup>

**Artem P. Voznyuk** — PhD student, ophthalmologist<sup>2</sup>

**Sergei I. Anisimov** — Dr. of Med. Sci., scientific director<sup>1</sup>, professor, chair of ophthalmology<sup>2</sup>

**Contact information:** Artem P. Voznyuk,  
voznyuk\_artemy.vp@mail.ru





<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-24-30>

# Оценка морфометрических параметров диска зрительного нерва у пациентов с различными формами открытоугольной глаукомы

Л.Л. Арутюнян<sup>1, 2</sup> ✉, Ю.С. Морозова<sup>1</sup>, С.Ю. Анисимова<sup>2</sup>, С.И. Анисимов<sup>2, 3</sup>

<sup>1</sup> ФБГОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1, Москва, 125993, Россия

<sup>2</sup> ООО «Глазной центр "Восток-Прозрение"», ул. Полины Осипенко, д. 10-1, Москва, 123007, Россия

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова» Минздрава России, ул. Делегатская, 20, стр. 1, Москва, 127473, Россия

**Цель работы** — сравнить толщину преламинарного слоя нервных волокон и глубину решетчатой пластинки склеры (РПС) у пациентов с различными формами первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ), используя оптическую когерентную томографию (ОКТ). **Материал и методы.** Обследовано 130 пациентов в возрасте  $71,4 \pm 9,7$  года со II (развитой) стадией глаукомного поражения, разделенных на три группы в зависимости от формы глаукомы: 1-я группа — 39 пациентов с ПОУГ; 2-я — 26 пациентов с глаукомой нормального давления (ГНД); 3-я — 22 пациента с псевдоэксфолиативной глаукомой (ПЭГ). Группу контроля составили 43 пациента без офтальмопатологии. Сканирование диска зрительного нерва и макулярной зоны всех пациентов проводили в режимах OКТ Disk + Macula 3D и Disk Raster (Optopol Revo 60 OCT, Poland), рассчитывали глубину РПС и толщину преламинарного слоя нервных волокон (ТПСНВ) зрительного нерва. **Результаты.** Глубина РПС при всех формах II стадии глаукомы статистически значимо не отличалась от группы контроля и в среднем составила при ПОУГ  $426,9 \pm 98,7$  мкм,  $p < 0,164$ , при ГНД —  $416,9 \pm 161,0$  мкм,  $p < 0,818$  и при ПЭГ —  $425,5 \pm 88,04$ ,  $p < 0,18$ . Наиболее тонкий слой преламинарных нервных волокон выявлен у пациентов с ГНД ( $134,0 \pm 91,4$  мкм), этот показатель был вдвое меньше, чем в контроле ( $p < 0,001$ ). Значения ТПСНВ при ПОУГ ( $193,2 \pm 114,6$  мкм) и ПЭГ ( $190,7 \pm 115,3$  мкм) не различались между собой, но были статистически значимо ниже контроля ( $p < 0,001$  и  $p < 0,002$  соответственно). **Заключение.** Изучение параметров РПС способствует лучшему пониманию патогенеза оптической нейропатии при различных формах глаукомы, открывает новые возможности в дифференциальной диагностике и прогнозировании течения глаукомного процесса.

**Ключевые слова:** первичная открытоугольная глаукома; псевдоэксфолиативная глаукома; глаукома нормального давления; оптическая когерентная томография; глубина решетчатой пластинки; преламинарный слой нервных волокон

**Конфликт интересов:** отсутствует.

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

**Для цитирования:** Арутюнян Л.Л., Морозова Ю.С., Анисимова С.Ю., Анисимов С.И. Оценка морфометрических параметров диска зрительного нерва у пациентов с различными формами открытоугольной глаукомы. Российский офтальмологический журнал. 2022; 15 (2) (Приложение): 24-30. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-24-30>

# Evaluation of morphometric parameters of the optic disc in patients with diverse clinical forms of open-angle glaucoma

Lusine L. Arutyunyan<sup>1, 2</sup> ✉, Yulia S. Morozova<sup>1</sup>, Svetlana Yu. Anisimova<sup>2</sup>, Sergey I. Anisimov<sup>2, 3</sup>

<sup>1</sup> Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Department of Ophthalmology, 2/1 Bldg. 1, Barrikadnaya St., Moscow, 125993, Russia

<sup>2</sup> East Sight Recovery Eye care center 10, Bldg. 1, Poliny Osipenko St., Moscow, 123007, Russia

<sup>3</sup> A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, 20, Bldg. 1, Delegatskaya St., Moscow, 127473, Russia  
luslev@yandex.ru

**Purpose.** To compare the thickness of the prelaminar layer of nerve fibers and the depth of the lamina cribrosa in patients with diverse forms of open-angle glaucoma, measured by optical coherence tomography (OCT). **Material and methods.** 130 patients aged  $71.4 \pm 9.7$  with stage II (advanced) glaucoma were divided into three groups depending on the form of glaucoma: group 1 of 39 patients with primary open-angle glaucoma (POAG); group 2 of 26 patients with normal-tension glaucoma (NTG); group 3 of 22 patients with pseudoexfoliative glaucoma (PEG). The control group consisted of 43 patients without ophthalmic pathology. All patients were scanned for the optic disc and the macular areas in the OCT Disk + Macula 3D regimen and in the Disk Raster regimen (Optopol Revo 60 OCT device (Optopol Technology, Poland)). The depth of the lamina cribrosa (LC) and the thickness of the prelaminar layer of nerve fibers (tPLNF) were calculated. **Results.** No significant differences were found between the LC depth in patients with different forms of glaucoma compared with the control group. LC depth averaged  $426.9 \pm 98.7 \mu\text{m}$  ( $p < 0.164$ ) in patients with POAG,  $416.9 \pm 161.0 \mu\text{m}$  ( $p < 0.818$ ) with NTG and  $425.5 \pm 88.04 \mu\text{m}$ , ( $p < 0.18$ ) with PEG. The thinnest layer of prelaminar nerve fibers was found in patients with NTG ( $134.0 \pm 91.4 \mu\text{m}$ ), where the value was half as much as the control ( $p < 0.001$ ). There were no differences in the tPLNF parameter in POAG ( $193.2 \pm 114.6 \mu\text{m}$ ) and PEG ( $190.7 \pm 115.3 \mu\text{m}$ ) but both were significantly lower as compared to the control group ( $p < 0.001$ ,  $p < 0.002$ ) respectively. **Conclusion.** The study of LC parameters contributes to a better understanding of the pathogenesis of optic neuropathy in diverse forms of glaucoma. It opens up new opportunities in the differential diagnosis and prediction of the glaucoma course.

**Keywords:** open-angle glaucoma; pseudoexfoliative glaucoma; normal-tension glaucoma; optical coherence tomography; lamina cribrosa depth; prelaminar nerve fibers layer

**Conflict of interests:** there is no conflict of interests.

**Financial disclosure:** No author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

**For citation:** Arutyunyan L.L., Morozova Yu.S., Anisimova S.Yu., Anisimov S.I. Evaluation of morphometric parameters of the optic disc in patients with diverse clinical forms of open-angle glaucoma. Russian ophthalmological journal. 2022; 15 (2) (supplement): 24-30 (In Russian). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-24-30>

Согласно современным взглядам, глаукома представляет собой группу хронических нейродегенеративных заболеваний, характеризующихся относительно избирательным прогрессирующим повреждением ганглиозных клеток сетчатки и их аксонов, что приводит к потере аксонов и изменениям поля зрения [1–4]. Одним из ведущих признаков глаукомной оптической нейропатии является формирование экскавации диска зрительного нерва (ДЗН) на фоне патологического изменения состояния решетчатой пластинки склеры (РПС) [5]. Сторонники механической теории патогенеза глаукомной оптиконейропатии считают, что повышенное внутриглазное давление (ВГД) оказывает прямое повреждающее действие на структуры зрительного нерва, а уменьшение его толерантности к офтальмотонусу обусловлено первичной слабостью РПС [6]. Поэтому основной точкой воздействия при лечении глаукомы является ВГД.

Деформации РПС, вызванные повышенным ВГД, в частности задний прогиб и заднее смещение РПС, изучаются как на глазах экспериментальных животных, так и *ex vivo* на глазах человека. Задний прогиб РПС может быть связан с механическим или сосудистым повреждением головки зрительного нерва (ГЗН), включая аксоны ганглиозных клеток. Вполне логично предположить, что чем больше прогиб РПС

в задней области, тем выше нагрузка на аксоны ганглиозных клеток сетчатки [7].

Появление оптической когерентной томографии (ОКТ), несомненно, улучшило возможность визуализировать РПС в естественных условиях, что вызвало значительный интерес к ее изучению у пациентов с глаукомой. В недавних исследованиях с применением ОКТ анализировались различные параметры ДЗН, в том числе важным параметром, характеризующим РПС, признана степень ее смещения кзади, приводящая при первичной открытоугольной глаукоме (ПОУГ) к формированию патологической экскавации ДЗН. В литературе данный параметр обозначается как глубина решетчатой пластинки склеры (ГРПС) — расстояние, определяемое как перпендикуляр, опущенный от центра линии, соединяющей конечные точки мембраны Бруха, до передней поверхности РПС [5]. По данным зарубежных и отечественных исследователей, ГРПС у здоровых лиц может значительно варьировать, составляя в среднем  $402,06 \pm 101,46$  [6],  $367,31 \pm 87,00$  [7] или  $336,4 \pm 57,9$  мкм [8] с диапазоном колебаний от 193,08 до 826,81 мкм.

К. Park и соавт. сравнивали ГРПС при различных стадиях глаукомы и подтвердили, что ее смещение отмечается уже на ранней стадии, но статистически значимых различий

между ГРПС при легкой, умеренной и тяжелой стадиях глаукомы не выявили. Авторами был также предложен индекс кривизны РПС. Значения этого параметра оказались выше в глазах с ПОУГ, чем в здоровых глазах, но статистически значимых различий между легкой, умеренной и быстро прогрессирующей глаукомой по этому показателю также не нашли. Однако в глазах с изначально большей кривизной РПС у пациентов с глаукомой отмечается более выраженное прогрессирование ухудшения полей зрения [9].

Р. Naranjo-Bonilla и соавт. выявили прямую зависимость глубины и толщины РПС у молодых пациентов от уровня суточного колебания ВГД, однако статистической значимости не обнаружено [10].

Н. Quigley и соавт. в своих экспериментальных работах по изучению морфологии и биомеханики РПС *in vivo* с использованием ОКТ обнаружили, что сдвиг глубины ее передней поверхности при снижении ВГД после трабекулэктомии может происходить как вперед, так и назад. Направление и величина сдвига в значительной степени связаны со степенью выраженности глаукомного поражения. Кроме того, при одинаковом изменении ВГД в глазах с более низким исходным уровнем ВГД сдвиг РПС оказался значительней, чем в глазах с более высоким ВГД, что является следствием типичного для тканей, богатых коллагеном, увеличения жесткости структур РПС в ответ на механический стресс. Кроме того, в глазах с нормальной толщиной слоя нервных волокон глубина РПС более динамично изменялась при снижении ВГД. Эти результаты дают основание считать, что движение передней поверхности РПС при изменении ВГД может быть биомеханическим маркером степени глаукомного повреждения и предрасположенности к нему [11].

В.В. Волков и соавт. выявили, что у больных с глаукомой нормального давления (ГНД) глубина РПС при меньшей ее толщине достоверно больше, чем у здоровых лиц [12].

Необходимо иметь в виду, что РПС является живой структурой, поэтому разброс данных, полученных в разных ОКТ-исследованиях, может с большой вероятностью объясняться различиями в определении ее внешних границ. Суточные колебания также могут влиять на результаты измерения толщины РПС [10], что указывает на необходимость измерения ГРПС в одно и то же время суток. Тем не менее морфометрические параметры РПС являются значимыми критериями, позволяющими судить о риске возникновения глаукомы [11].

**Таблица 1.** Возраст и пол пациентов с глаукомой и группы контроля  
**Table 1.** Age and sex characteristics of patients with glaucoma and control group

Показатель Parameter	Группа Group			
	ПОУГ POAG n = 39	ГНД NTG n = 26	ПЭГ PEG n = 22	Контроль Control n = 43
Возраст, лет Age, years M ± SD	70,1 ± 9,3	69,6 ± 8,1	72,0 ± 6,5	66,5 ± 9,7
Женщины Female	17 (44 %)	19 (74 %)	7 (32 %)	23 (54 %)
Мужчины Male	22 (56 %)	7 (26 %)	15 (68 %)	20 (46 %)

**Примечание.** ГНД — глаукома нормального давления; ПОУГ — первичная открытоугольная глаукома; ПЭГ — псевдоэкзофолиативная глаукома; n — количество пациентов.

**Note.** NTG — normotensive glaucoma, POAG — primary open-angle glaucoma, PEG — pseudoexfoliative glaucoma; n — number of patients.

С. Barrancos и соавт. изучали не только ГРПС, но и толщину преламинарной ткани до и после непроникающей глубокой склерэктомии у пациентов с ПОУГ. Они предположили, что преламинарная ткань, которая при высоком ВГД сжимается, т. е. становится тоньше, и наоборот, утолщается при послеоперационном снижении ВГД, при колебаниях ВГД работает подобно буферу [13]. Однако в сравнительном аспекте при различных формах глаукомы толщина преламинарной ткани не изучалась.

**ЦЕЛЬЮ** нашего исследования стало сравнение толщины преламинарного слоя нервных волокон и ГРПС у пациентов с различными формами открытоугольной глаукомы на основе данных ОКТ.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Обследовано 130 пациентов в возрасте  $71,4 \pm 9,7$  года, разделенных на три группы в зависимости от формы глаукомы: 1-я группа — 39 пациентов с ПОУГ; 2-я — 26 пациентов с ГНД; 3-я — 22 пациента с псевдоэкзофолиативной глаукомой (ПЭГ). Группу контроля составили 43 пациента без офтальмопатологии (табл. 1). В основную группу включались пациенты с II (развитой) стадией глаукомного поражения, ранее не подвергавшиеся хирургическому лечению глаукомы, с компенсированным ВГД на фоне инстилляционного гипотензивного режима, без тяжелой соматической патологии, сахарного диабета, без сопутствующей глазной патологии (аметропии средней и высокой степени, возрастной макулярной дегенерации, зрелой катаракты).

У всех пациентов оценивали субъективные и объективные показатели структурно-функционального состояния органа зрения. Кроме общего офтальмологического статуса, определяли роговично-компенсированное давление (ВГДрк), а также биомеханические показатели — величину корнеального гистерезиса (КГ) и фактора резистентности роговицы (ФРП) с помощью ORA (Reichert, США). У всех больных с глаукомой и в группе контроля оценивали центральную толщину роговицы (ЦТР) и длину передне-задней оси глаза (ПЗО). Параметры представлены в таблице 2.

Для подтверждения диагноза «глаукома» и ее стадии в соответствии с международными стандартами всем больным выполняли структурно-функциональную оценку ДЗН с помощью ОКТ и стандартной автоматизированной периметрии (на приборе Tomey AP-3000). Использовали стандартную пороговую программу 30-2, рекомендуемую для диагностики и мониторинга глаукомы. Пациентам проводилось сканирование на приборе Optopol

Revo 60 OCT (Optopol technology, Poland) в режимах Disk + Macula 3D, Disk Raster, и рассчитывали глубину решетчатой пластинки (ГРП) и толщину преламинарного слоя нервных волокон (ТПСНВ) ДЗН. На вертикальных сканах, которые располагались наиболее близко к центру ДЗН и не включали никаких основных сосудов (центральная артерия или вена сетчатки), определяли ГРП как вертикальную линию, под прямым углом соединяющую переднюю поверхность решетчатой пластинки и плоскость открытия мембраны Бруха. ТПСНВ определяли как линию, соединяющую переднюю поверхность преламинарной ткани и переднюю поверхность решетчатой пластинки в вертикальном скане и зоне ее наименьшей

толщины — минимальная толщина преламинарного слоя нервных волокон (ТПСНВ<sub>мин</sub>) (рис. 1).

Статистический анализ проводился с использованием Statistica 12.0 EN (Statsoft Russia). Полученные данные представлены в виде средних значения ± стандартное отклонение (M ± SD), а уровень статистической значимости установлен на уровне  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

По результатам нашего исследования ГРПС в группе контроля составила  $392,7 \pm 82,7$  мкм. Корреляционная взаимосвязь ГРПС с возрастом, ВГД, КГ, ПЗО у лиц без офтальмопатологии не выявлена. Однако получена статистически значимая отрицательная корреляция ГРПС с толщиной роговицы ( $p = 0,044$ ,  $R = -0,376$ ). У пациентов группы контроля обнаружена также отрицательная корреляция между толщиной слоя нервных волокон сетчатки (ТСНВС) в темпоральном секторе и ГРПС, т. е. смещение РПС кзади сопровождалось снижением ТСНВС ( $p < 0,036$ ,  $R = -0,350$ ).

ГРПС при всех формах глаукомы статистически значимо не отличалась от контроля и в среднем составила при ПОУГ  $426,9 \pm 98,7$  мкм ( $p < 0,164$ ), при ГНД —  $416,9 \pm 161,0$  мкм ( $p < 0,818$ ) и при ПЭГ —  $425,5 \pm 88,04$  мкм ( $p < 0,18$ ). Результаты определения ГРПС и ТПСНВ представлены в таблице 3.

Особый интерес, на наш взгляд, представляет анализ показателя ТПСНВ. Мы получили его значительную вариабельность в зависимости от клинической формы глаукомы.

В группе контроля ТПСНВ составила  $312,2 \pm 137,1$  мкм. Наиболее тонкий слой преламинарных нервных волокон был выявлен у пациентов с ГНД ( $134,0 \pm 91,4$  мкм), где этот параметр оказался вдвое меньше контроля, отличие статистически значимо ( $p < 0,001$ ). ТПСНВ при ПОУГ ( $193,2 \pm 114,6$  мкм) и ПЭГ ( $190,7 \pm 115,3$  мкм) значимо не различались, но были достоверно ниже контроля ( $p < 0,001$  и  $p < 0,002$  соответственно). В то же время данный показатель был различным в группах с ГНД и ПОУГ ( $p < 0,01$ ), что может быть использовано в качестве критерия дифференциальной диагностики этих форм глаукомы.

Установлено, что ТПСНВ<sub>мин</sub> при различных клинических формах глаукомы менялись соответственно ТПСНВ, статистически значимо отличались от группы контроля и составили при ПОУГ  $134,5 \pm 90,4$  мкм ( $p < 0,0001$ ), при ГНД —  $107,6 \pm 71,07$  мкм ( $p < 0,001$ ) и при ПЭГ —  $139,1 \pm 91,3$  мкм ( $p < 0,0001$ ) (рис. 2).

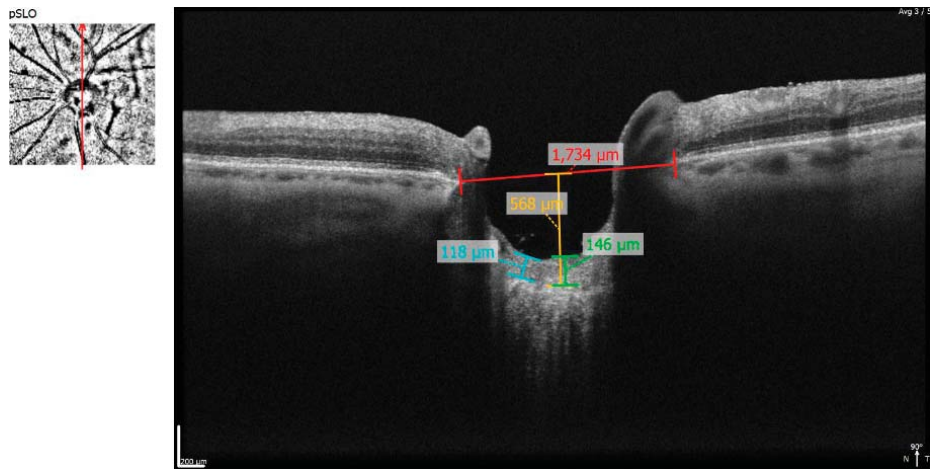
Хотя показатель ГРПС в группах статистически значимо не различался, была обнаружена его зависимость

**Таблица 2.** Биометрические характеристики пациентов с глаукомой и группы контроля  
**Table 2.** Biometric characteristics of patients with glaucoma and control group

Показатель Parameter M±SD	Группа Group			
	ПОУГ POAG n = 39	ГНД NTG n = 26	ПЭГ PEG n = 22	Контроль Control n = 43
ВГДрк, мм рт. ст. IOPcc, mm Hg	17,2 ± 5,1	15,5 ± 3,2	16,3 ± 8,0	17,6 ± 3,5
КГ, мм рт. ст. CH, mm Hg	9,0 ± 1,9	9,8 ± 0,6	8,1 ± 3,2	10,2 ± 1,6
ФРР, мм рт. ст. CRF, mm Hg	9,8 ± 1,7	9,8 ± 1,3	9,3 ± 1,9	11,0 ± 1,8
ЦТР, мкм CCT, μm	543 ± 31	530 ± 38	555 ± 25	549 ± 40
ПЗО, мм AL, mm	23,3 ± 0,7	23,5 ± 0,4	23,7 ± 0,8	23,6 ± 0,3

**Примечание.** ГНД — глаукома нормального давления; ПОУГ — первичная открытоугольная глаукома; ПЭГ — псевдоэксфолиативная глаукома; ВГДрк — роговично-компенсированное давление, КГ — корональный гистерезис, ФРР — фактор резистентности роговицы, ЦТР — центральная толщина роговицы, ПЗО — передне-задняя ось, n — количество пациентов.

**Note.** NTG — normotensive glaucoma, POAG — primary open-angle glaucoma, PEG — pseudo exfoliative glaucoma; IOPcc — corneal compensated intraocular pressure, CH — corneal hysteresis, CRF — corneal resistance factor, CCT — central corneal thickness, AL — axial length, n — number of patients.



**Рис. 1.** Вертикальный скан Optopol Revo 60 OCT (Optopol technology, Poland) в режиме Disk Raster. Плоскость открытия мембраны Бруха — красная линия; ГРПС — желтая линия; ТПСНВ — зеленая линия; ТПСНВ<sub>мин</sub> — голубая линия

**Fig. 1.** Vertical scan Optopol Revo 60 OCT (Optopol technology, Poland) Disk Raster mode. The plane of the Bruch's membrane opening — red line; lamina cribrosa depth (LCD) — yellow line; thickness of prelaminar nerve fiber layer (tPNFL) — green line; tPNFL<sub>min</sub> — blue line

от возраста при ПОУГ ( $p < 0,001$ ), ГНД ( $p < 0,027$ ) и ПЭГ ( $p < 0,002$ ). В отличие от контроля, у пациентов с глаукомой ГРПС с возрастом достоверно уменьшается, что может косвенно свидетельствовать об увеличении ригидности РПС.

Результаты корреляционного анализа связи ГРПС с биомеханическими и структурными параметрами у пациентов с глаукомой и в группе контроля представлены в таблице 4.

## ОБСУЖДЕНИЕ

ОКТ позволяет с высокой точностью провести оценку морфометрических параметров РПС. По нашим данным, глубина залегания РПС у пациентов с ПОУГ, ПЭГ и ГНД II стадии значимо не отличается от контроля. Данные, полученные в результате нашего исследования, совпадают с ре-

зультатами других авторов [6–8, 14, 15]. Так, в исследовании Е.Н. Иомдиной и соавт. [15] выявлено увеличение ГРПС по мере развития глаукомного поражения, при этом наибольшую величину этого показателя отмечали на III стадии ПОУГ, что позже также было показано в нашей работе [16]. Это можно связать с особенностями сдвиговых процессов в области тканевого блока ДЗН при повышении ВГД, что прежде всего приводит к растяжению фиброзной оболочки глаза и препятствует смещению кнаружи или прогибу РПС, т. е. механизмы повреждения зрительного нерва не обязательно приводят к очевидному смещению задней поверхности РПС. Однако такая стабильность глубины расположения РПС у больных глаукомой не исключает ее повреждающего действия на нервные волокна из-за возможного смещения слоев РПС относительно друг друга при ее растяжении. Ламинарная деформация РПС может вызывать напряжение, сжатие, растяжение и сдвиг аксонов, проходящих через ламинарные поры. В результате происходит нарушение аксоплазматического тока и потеря нейрональной функциональности аксонов. В то же время наши данные расходятся с результатами некоторых других исследователей. Так, согласно М. Kim и соавт. [17], ГРПС у пациентов с ГНД составляет  $539,4 \pm 140,5$  мкм, а у пациентов с ПОУГ —  $565,9 \pm 143,2$  мкм. S. Lee и соавт. [18] также получили более высокие показатели у пациентов с ПОУГ ( $527,0 \pm 116,4$  мкм), чем в группе контроля ( $413,3 \pm 80,4$  мкм), однако авторы не указали тяжесть глаукомного процесса.

Одинаковая величина залегания РПС при разных клинических формах глаукомы на начальных стадиях подтверждает общность их патогенетических механизмов с наложением разных причинных факторов риска. При этом ГРПС может служить прогностическим маркером более агрессивного течения глаукомного процесса при ПЭГ.

ТПСНВ у пациентов с ПОУГ и ПЭГ оказалась почти в два раза меньше, чем в группе контроля, а в группе ГНД практически в 3 раза, что указывает на слабую устойчивость этой структуры к компрессии при повышении ВГД выше толерантного уровня. У пациентов с ГНД ТПСНВ была статистически значимо меньше, чем при ПОУГ. Возможно, такое истончение нервных волокон при ГНД объясняет гибель нервных волокон независимо от уровня ВГД. Таким образом, если при развитии ПОУГ и ПЭГ преобладающим фактором риска является ВГД, то при развитии ГНД могут преобладать факторы риска, не зависящие от давления, такие как сосудистая дисрегуляция, нарушение динамики спинномозговой жидкости, ретинальная ишемия, нарушение метаболизма митохондрий и т. д.

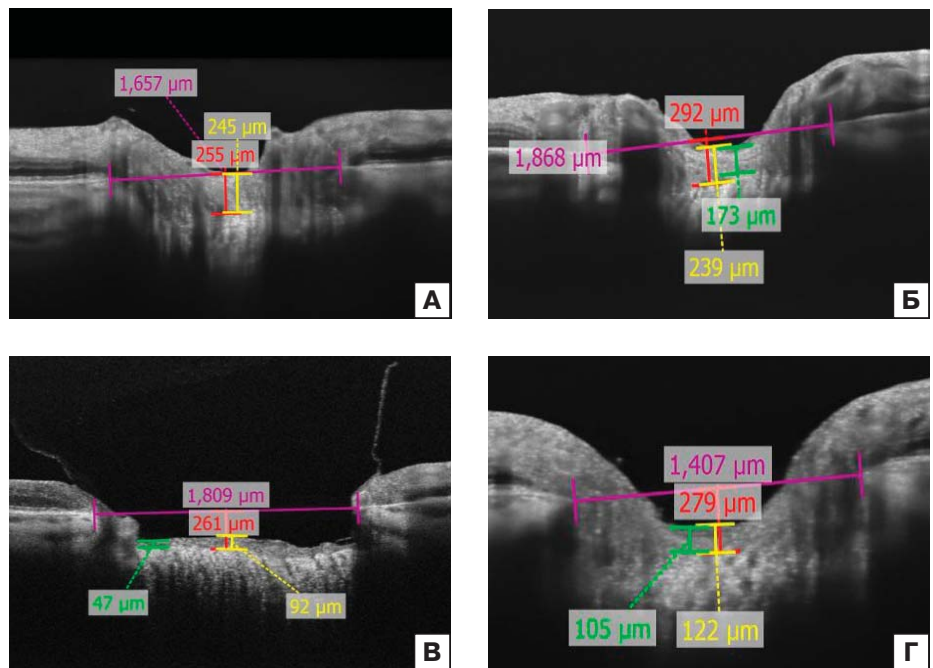
**Таблица 3.** Биометрические параметры решетчатой пластинки при различных формах глаукомы, М ± SD

**Table 3.** Biometric parameters of the lamina cribrosa depending in various glaucoma forms, M ± SD

Параметр Parameter	Контроль Control	ГНД NTG	ПОУГ POAG	ПЭГ PEG
ГРПС, мкм LCD, $\mu\text{m}$	$392,7 \pm 82,7$	$416,9 \pm 161,0$	$426,9 \pm 98,7$	$425,5 \pm 88,04$
ТПСНВ мкм tPNFL, $\mu\text{m}$	$312,2 \pm 137,1$	$134,0 \pm 91,4^*, **$	$193,2 \pm 114,6^*$	$190,7 \pm 115,3^*$
ТПСНВ <sub>мин</sub> , мкм tPNFL <sub>мин</sub> , $\mu\text{m}$	$311,5 \pm 195,4$	$107,6 \pm 71,07^*$	$134,5 \pm 90,4^*$	$139,1 \pm 91,3^*$

**Примечание.** ГНД — глаукома нормального давления, ПОУГ — первичная открытоугольная глаукома, ПЭГ — псевдоэкзофиативная глаукома, ГРПС — глубина решетчатой пластинки склеры, ТПСНВ — толщина преламинарного слоя нервных волокон, ТПСНВ<sub>мин</sub> — наименьшая толщина преламинарного слоя нервных волокон, n — количество пациентов, \* — различие с группой контроля достоверно,  $p < 0,05$ , \*\* — различие с группой ПОУГ достоверно,  $p < 0,05$ .

**Note.** NTG — normotensive glaucoma, POAG — primary open angle glaucoma, PEG — pseudoexfoliative glaucoma, LCD — lamina cribrosa depth, tPNFL — thickness of prelaminar nerve fiber layer, tPNFL<sub>min</sub> — minimal tPNFL, n — number of patients, \* — difference with control group is significant,  $p < 0.05$ , \*\* — difference with POAG group is significant,  $p < 0.05$ .



**Рис. 2.** ГРПС и ТПСНВ при различных формах II стадии глаукомы и в группе контроля: А — контроль; Б — ПОУГ; В — ГНД; Г — ПЭГ

**Fig. 2.** LCD and tPNFL in different forms of II stage glaucoma and control group: A — control; Б — POAG; В — NTG; Г — PEG

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ОКТ позволяет провести оценку биометрических показателей РПС. Полученные нами с помощью ОКТ данные показывают, что глубина залегания РПС при II (развитой) стадии ПОУГ значимо не отличается от контроля. В то же время ТПСНВ у пациентов с ПОУГ и ПЭГ почти в два раза ниже, чем в группе контроля, но наименьшая толщина этого параметра отмечена у пациентов с ГНД. Изучение параметров РПС с помощью спектральной ОКТ открывает новые возможности в прогнозировании течения глаукомного процесса и дифференциальной диагностике разных клинических форм глаукомы, а также может способствовать лучшему пониманию патогенеза этих форм глаукомной оптической нейропатии.

**Таблица 4.** Корреляционный анализ связи биометрических показателей решетчатой пластинки склеры с биомеханическими и структурными параметрами пациентов с различными формами глаукомы

**Table 4.** Correlation analysis of the relationship between biometric parameters, and biomechanical and structural parameters of patients with different forms of glaucoma

Параметр Parameter	Контроль Control		ГНД NTG		ПОУГ POAG		ПЭГ PEG	
	spearman R	p-value	spearman R	p-value	spearman R	p-value	spearman R	p-value
ГРПС & возраст LCD & age	-0,164	0,414	-0,492*	0,027*	-0,829*	0,001*	-0,844*	0,002*
ГРПС & КГ LCD & CH	0,068	0,744	0,710*	0,017*	-0,148	0,542	-0,366	0,270
ГРПС & ЦТР LCD & CCT	-0,376*	0,044*	-0,538*	0,031*	0,159	0,540	0,179	0,505
ГРП & СНВС Т LCD & RNFL Т	-0,350*	0,036*	0,052	0,799	-0,049	0,793	-0,271	0,261
ГРПС & СНВС N LCD & RNFL N	-0,068	0,689	0,539*	0,014*	-0,071	0,711	-0,176	0,469
ТПСНВ & возраст tPNFL & age	0,098	0,632	-0,709*	0,001*	-0,297*	0,008*	0,251	0,455
ТПСНВ <sub>мин</sub> & возраст tPNFL <sub>мин</sub> & age	0,050	0,832	-0,687*	0,001*	-0,443*	0,018*	0,275	0,239
ТПСНВ & ВГД tPNFL & IOP	-0,234	0,229	-0,800*	0,017*	0,380	0,351	0,236	0,328
ТПСНВ <sub>мин</sub> & ВГД tPNFL <sub>мин</sub> & IOP	-0,419*	0,047*	0,600	0,115	0,594*	0,006*	0,144	0,554
ТПСНВ <sub>мин</sub> & КГ tPNFL <sub>мин</sub> & CH	0,278	0,234	0,800*	0,016*	-0,494*	0,044*	0,333	0,333
ТПСНВ & СНВС I tPNFL & RNFL I	-0,010	0,949	0,685*	0,001*	0,114	0,514	0,269	0,250
ТПСНВ & СНВС Т tPNFL & RNFL Т	-0,509*	0,002*	0,328	0,101	0,087	0,617	0,298	0,201
ТПСНВ <sub>мин</sub> & СНВС I tPNFL <sub>мин</sub> & RNFL I	0,019	0,918	0,747*	0,001*	0,112	0,548	0,313	0,177
ТПСНВ <sub>мин</sub> & СНВС Т tPNFL <sub>мин</sub> & RNFL Т	-0,521*	0,004*	0,328	0,101	0,120	0,517	0,198	0,400
ТПСНВ & ГКС I tPNFL & GCL I	-0,014	0,956	0,667*	0,001*	-0,140	0,832	-0,600	0,208
ТПСНВ & ГКС S tPNFL & GCL S	-0,004	0,986	0,506*	0,016*	-0,050	0,832	-0,463	0,354
ТПСНВ & ГКС Т tPNFL & GCL Т	0,122	0,638	0,692*	0,001*	-0,116	0,626	-0,829*	0,042*
ТПСНВ & ГКС N tPNFL & GCL N	0,022	0,930	0,100	0,657	0,093	0,695	-0,812*	0,050*
ТПСНВ <sub>мин</sub> & ГКС I tPNFL <sub>мин</sub> & GCL I	-0,061	0,834	0,694*	0,001*	-0,106	0,683	0,100	0,872
ТПСНВ <sub>мин</sub> & ГКС S tPNFL <sub>мин</sub> & GCL S	-0,096	0,741	0,451*	0,035*	-0,088	0,735	-0,153	0,804
ТПСНВ <sub>мин</sub> & ГКС N tPNFL <sub>мин</sub> & GCL N	-0,033	0,910	0,701*	0,002*	-0,059	0,821	-0,899*	0,015*
ТПСНВ <sub>мин</sub> & ГКС Т tPNFL <sub>мин</sub> & GCL Т	0,121	0,679	0,7028*	0,001*	-0,159	0,540	0,100	0,872

**Примечание.** ГРПС — глубина решетчатой пластинки склеры, ТПСНВ — толщина преламинарного слоя нервных волокон, ТПСНВ<sub>мин</sub> — наименьшая толщина преламинарного слоя нервных волокон, КГ — корнеальный гистерезис, СНВС Т — толщина слоя нервных волокон сетчатки в темпоральном квадранте, СНВС I — толщина слоя нервных волокон сетчатки в нижнем квадранте, ГКС I — толщина комплекса ганглиозных клеток сетчатки в нижнем квадранте, ГКС S — толщина комплекса ганглиозных клеток сетчатки в верхнем квадранте, ГКС N — толщина комплекса ганглиозных клеток сетчатки в темпоральном квадранте, ГКС N — толщина комплекса ганглиозных клеток сетчатки в назальном квадранте, Spearman R — коэффициент ранговой корреляции, \* — различие с группой контроля достоверно,  $p < 0,05$ .

**Note.** LCD — lamina cribrosa depth, tPNFL — thickness of the prelaminar nerve fiber layer, tPNFL<sub>мин</sub> — minimal thickness of the prelaminar nerve fiber layer, CH — corneal hysteresis, RNFL Т — retinal nerve fiber layer in temporal area, RNFL I — retinal nerve fiber layer in inferior area, GCL I — ganglion cells layer in inferior area, GCL S — ganglion cells layer in superior area, GCL N — ganglion cells layer in nasal area, GCL Т — ganglion cells layer in temporal area, Spearman R — rank correlation coefficient, \* — difference with control group is significant,  $p < 0.05$ .

## Литература/References

1. Quigley H.A., Broman A.T. The number of people with glaucoma worldwide in 2010 and 2020. Br. J. Ophthalmol. 2006; 90: 262–7. doi: 10.1136/bjo.2005.081224
2. Tham Y.C., Li X., Wong T.Y., et al. Global prevalence of glaucoma and projections of glaucoma burden through 2040: A systematic review and meta-analysis. Ophthalmology. 2014; 121: 2081–90. doi: 10.1016/j.ophtha.2014.05.013
3. Weinreb R.N., Aung T., Medeiros F.A. The pathophysiology and treatment of glaucoma: a review. JAMA. 2014; 311 (18): 1901–11. doi: 10.1001/jama.2014.3192
4. Егоров Е.А., Еричев В.П., ред. Национальное руководство по глаукоме: для практикующих врачей. 4-е изд., испр. и доп. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2019. [Egorov E.A., Eriчев V.P., eds. National guidance of glaucoma. 3rd edition. Moscow: GEOTAR-Media; 2019 (in Russian)]. doi: 10.33029/9704-5442-8-GLA-2020-1-384
5. Киселева О.А., Иомдина Е.Н., Якубова Л.В., Хозиев Д.Д. Решетчатая пластинка склеры при глаукоме: биомеханические особенности и возможности их клинического контроля. Российский офтальмологический журнал. 2018; 11 (3): 76–83. [Kiseleva O.A., Iomdina E.N., Yakubova L.V., Khozjev D.D. Lamina cribrosa in glaucoma: biomechanical properties and possibilities of their clinical control. Russian ophthalmological journal. 2018; 11 (3): 76–83 (in Russian)]. doi: 10.21516/2072-0076-2018-11-3-76-83
6. Волков В.В. Глаукома при псевдонормальном давлении. Руководство для врачей. Москва: Медицина; 2001. [Volkov V.V. Glaucoma with pseudonormal intraocular pressure. Guidelines for doctors. Moscow: Medicina; 2001 (in Russian)].
7. Ha A., Kim T.J., Girard M.J.A., et al. Baseline lamina cribrosa curvature and subsequent visual field progression rate in primary open-angle glaucoma. Ophthalmology. 2018; 125 (12): 1898–906. doi: 10.1016/j.ophtha.2018.05.017
8. Seo J.H., Kim T.W., Weinreb R.N. Lamina cribrosa depth in healthy eyes. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 2014; 55 (3): 1241–51. doi: 10.1167/iovs.13-12536
9. Park H.Y., Jeon S.H., Park C.K. Enhanced depth imaging detects lamina cribrosa thickness differences in normal tension glaucoma and primary open-angle glaucoma. Ophthalmology. 2012; 119: 10–20. doi:10.1016/j.ophtha.2011.07.033
10. Naranjo-Bonilla P., Giménez-Gómez R., Ríos-Jiménez D., et al. Enhanced depth OCT imaging of the lamina cribrosa for 24 hours. J. Ophthalmol. 2017; 18.10 (2): 306–9. doi: 10.18240/ijo.2017.02.20
11. Quigley H., Arora K., Idrees S., et al. Biomechanical responses of lamina cribrosa to intraocular pressure change assessed by optical coherence tomography in glaucoma eyes. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 2017; 58: 2566–77. doi:10.1167/iovs.16-21321
12. Волков В.В., Симакова И.Л., Куликов А.Н. и др. Новые морфометрические критерии в изучении патогенеза глаукомы нормального давления. Вестник офтальмологии. 2020; 136 (2): 49–55. [Volkov V.V., Simakova I.L., Kulikov A.N., et al. New morphometric criteria in the study of the pathogenesis of normal pressure glaucoma. Vestnik oftal'mologii. 2020; 136 (2): 49–55 (in Russian)]. doi:10.17116/oftalma202013602149
13. Barrancos C., Rebolleda G., Oblanca N., Cabarga C., Muñoz-Negrete F.J. Changes in lamina cribrosa and prelaminar tissue after deep sclerectomy. Eye (Lond). 2014; 28 (1): 58–65. doi: 10.1038/eye.2013.238
14. Li L., Bian A., Cheng G., Zhou Q. Posterior displacement of the lamina cribrosa in normal-tension and high-tension glaucoma. Acta Ophthalmol. 2016; 94: e492–500. https://doi.org/10.1111/aos.13012
15. Иомдина Е.Н., Киселева О.А., Бессмертный А.М. и др. Биомеханика корнеосклеральной оболочки и гемодинамика глаукомного глаза: есть ли связь? Российский офтальмологический журнал. 2019; 12 (1): 10–7. [Iomdina E.N., Kiseleva O.A., Bessmertny A.M., et al. Biomechanics of the corneoscleral shell and hemodynamics of the glaucomatous eye: is there a connection? Russian ophthalmological journal. 2019; 12 (1): 10–7 (in Russian)]. doi: 10.21516/2072-0076-2019-12-1-10-17
16. Арутюнян Л.Л., Анисимова С.Ю., Морозова Ю.С., Анисимов С.И. Биометрические и морфометрические параметры решетчатой пластинки у пациентов с разными стадиями первичной открытоугольной глаукомы. Национальный журнал глаукома. 2021; 20 (3): 11–9. [Arutyunyan L.L., Anisimova S.Yu., Morozova Yu.S., Anisimov S.I. Biometric and morphometric parameters of the lamina cribrosa in patients with different stages of primary open-angle glaucoma. Natsional'nyi zhurnal glaukoma. 2021; 20 (3): 11–9. doi: 10.25700/2078-4104-2021-20-3-11-19
17. Kim M., Bojikian K.D., Slabaugh M.A., Ding L., Chen P.P. Lamina depth and thickness correlate with glaucoma severity. Indian J. Ophthalmol. 2016; 64 (5): 358–63. doi: 10.4103/0301-4738.185594
18. Lee S.H., Kim T.W., Lee E.J., Girard M.J., Mari J.M. Diagnostic power of lamina cribrosa depth and curvature in glaucoma. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 2017; 58 (2): 755–62. doi: 10.1167/iovs.16-20802

**Вклад авторов в работу:** Л.Л. Арутюнян — разработка концепции и дизайна, сбор клинического материала, написание статьи; Ю.С. Морозова — сбор, статистическая обработка и анализ данных, написание статьи; С.Ю. Анисимова — концепция и дизайн исследования, хирургическое лечение; С.И. Анисимов — научное редактирование.

**Authors' contribution:** L.L. Arutyunyan — development of concept and design of the study, data collection, writing of the article; Yu.S. Morozova — data collection, processing and analysis, writing of the article; S.Yu. Anisimova — concept and design of the study, surgical treatment; S.I. Anisimov — final editing of the article.

Поступила: 14.02.2022. Переработана: 09.03.2022. Принята к печати: 10.03.2022  
Originally received: 14.02.2022. Final revision: 09.03.2022. Accepted: 10.03.2022

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

<sup>1</sup> ФБГОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1, Москва, 125993, Россия

<sup>2</sup> ООО «Глазной центр "Восток-Прозрение"», ул. Полины Осипенко, д. 10-1, Москва, 123007, Россия

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова» Минздрава России, ул. Де-Легатская, 20, стр. 1, Москва, 127473, Россия

Лусине Левоньевна Арутюнян — д-р мед. наук, профессор кафедры офтальмологии<sup>1</sup>, заведующая диагностическим отделением<sup>2</sup>

Юлия Сергеевна Морозова — аспирант кафедры офтальмологии<sup>1</sup>

Светлана Юрьевна Анисимова — д-р мед. наук, профессор, директор<sup>2</sup>

Сергей Игоревич Анисимов — д-р мед. наук, научный директор<sup>2</sup>, профессор кафедры офтальмологии<sup>3</sup>

Для контактов: Лусине Левоньевна Арутюнян,  
luslev@yandex.ru

<sup>1</sup> Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, 2/1 Bldg. 1, BARRIKADNAYA ST., MOSCOW, 125993, RUSSIA

<sup>2</sup> Eye center "East Sight Recovery" LLC, 10-1 Poliny Osipenko st., Moscow, 123007, Russia

<sup>3</sup> A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, 20/1, Delegatskaya St., Moscow, 127473, Russia

Lusine L. Arutyunyan — Dr. of Med. Sci., professor of chair of ophthalmology<sup>1</sup>, head of the diagnostic unit<sup>2</sup>

Yulia S. Morozova — PhD student, chair of ophthalmology<sup>1</sup>

Svetlana Yu. Anisimova — Dr. of Med. Sci., professor, director<sup>2</sup>

Sergey I. Anisimov — Dr. of Med. Sci., scientific director<sup>2</sup>, professor of chair of ophthalmology<sup>3</sup>

Contact information: Lusine L. Arutyunyan,  
luslev@yandex.ru

# Комбинированная хирургия катаракты и открытоугольной глаукомы с применением модифицированной техники частично фистулизирующей операции

М.М. Бикбов, О.И. Оренбуркина, А.Э. Бабушкин, И.И. Хуснитдинов, Г.З. Исрафилова ✉

ГБУ «Уфимский НИИ глазных болезней АН РБ», ул. Пушкина, д. 90, Уфа, 450008, Россия

**Цель работы** — оценить клиничко-функциональные результаты комбинированного вмешательства: одномоментной факоэмульсификации катаракты (ФЭК) и разработанного варианта антиглаукомной операции частично фистулизирующего типа у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ) — в сравнении с ФЭК в сочетании с проникающим и непроникающим антиглаукомным вмешательством. **Материал и методы.** Под наблюдением находился 61 пациент (65 глаз) с неполной осложненной катарактой в сочетании с ранее неоперированной ПОУГ I–III стадий. Пациенты были разделены на 3 группы: 1-я (контрольная) группа — 17 пациентов (17 глаз) с ФЭК и непроникающей глубокой склерэктомией (НГСЭ); 2-я (контрольная) группа — 25 пациентов (28 глаз) с ФЭК и трабекулэктомией (ТЭ); 3-я (основная) группа — 19 пациентов (20 глаз) с ФЭК и разработанной частично фистулизирующей операцией (ЧФО). **Результаты.** Наилучшие и примерно равные в гипотензивном отношении данные в отдаленном периоде показали комбинированные операции, включавшие в себя ФЭК с ТЭ и ЧФО (абсолютный эффект в 65 и 60% случаев соответственно). Однако число ранних послеоперационных осложнений после ЧФО оказалось почти в 2 раза меньше, чем после ФЭК в сочетании с проникающей ТЭ, и было вполне сопоставимо с таковым после НГСЭ (15 и 11,8%). При этом наилучшие визуальные результаты в изученные сроки отмечены в основной ( $0,78 \pm 0,06$ ) и 1-й контрольной ( $0,64 \pm 0,05$ ) группах. **Заключение.** Комбинированное одномоментное вмешательство, включающее ФЭК и разработанную ЧФО, является эффективным способом повышения остроты зрения, нормализации офтальмотонуса и стабилизации глаукомной оптической нейрпатии, а также уменьшения медикаментозной нагрузки на пациента.

**Ключевые слова:** катаракта; глаукома; хирургическое лечение; факоэмульсификация; антиглаукомные операции

**Конфликт интересов:** отсутствует.

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

**Для цитирования:** Бикбов М.М., Оренбуркина О.И., Бабушкин А.Э., Хуснитдинов И.И., Исрафилова Г.З. Комбинированная хирургия катаракты и открытоугольной глаукомы с применением модифицированной техники частично фистулизирующей операции. Российский офтальмологический журнал. 2022; 15 (2) (Приложение): 31-7. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-31-37>



# Combined surgery for cataract and open-angle glaucoma by a modified technique of partially fistulizing surgery

Muharram M. Bikbov, Olga I. Orenburkina, Alexander E. Babushkin, Ilnur I. Khusnitdinov, Gulnara Z. Israfilova ✉  
Ufa Research Institute of Eye Diseases, 90, Pushkin St., Ufa, 450008, Russia  
israfilova\_gulnara@mail.ru

**Purpose.** To evaluate the clinical and functional results of a combined intervention - one-stage cataract phacoemulsification and a newly developed version of partially fistulizing antiglaucoma surgery (PFS) of patients with primary open-angle glaucoma (POAG) as compared with those of phacoemulsification in combination with penetrating and non-penetrating antiglaucoma intervention. **Material and methods.** 61 patients (65 eyes) with a combination of incomplete complicated cataract and previously unoperated stages I–III POAG. were divided into 3 groups: group 1 (control, 17 patients, 17 eyes) with ultrasonic cataract phacoemulsification (PEC) and non-penetrating deep sclerectomy (NPDS); group 2 (control, 25 patients, 28 eyes patients with PEC and trabeculectomy (TE); group 3 (main, 19 patients, 20 eyes) with PEC and the newly developed PFS. **Results.** The best long-term results, with approximately equal hypotensive parameters were achieved with combined operations, which included PEC with TE (the absolute effect achieved in 65% of cases) and PFS (in 60%). However, the number of early postoperative complications after PFS turned out to be almost 2 times as small as after a simultaneous intervention with penetrating TE, and was wholly comparable with that after NPDS (15 and 11.8%). At the same time, the best visual results over the relevant period were observed in the main ( $0.78 \pm 0.06$ ) group and the control group 1 ( $0.64 \pm 0.05$ ). **Conclusion.** Combined simultaneous intervention, including cataract phacoemulsification with the newly developed partially fistulizing antiglaucoma surgery, is an effective way to improve visual acuity, normalize intraocular pressure and stabilize glaucomatous optic neuropathy, as well as to reduce the drug load on the patient.

**Keywords:** cataract; glaucoma; surgical treatment; phacoemulsification; antiglaucoma operations

**Conflict of interests:** there is no conflict of interests.

**Financial disclosure:** No author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

**For citation:** Bikbov M.M., Orenburkina O.I., Babushkin A.E., Khusnitdinov I.I., Israfilova G.Z. Combined surgery for cataract and open-angle glaucoma by a modified technique of partially fistulizing surgery. Russian ophthalmological journal. 2022; 15 (2) (supplement): 31-7 (In Russian). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-31-7>

Катаракта и глаукома, которые при сочетании в одном глазу в большинстве случаев приводят к слепоте и слабовидению, являются наиболее распространенными заболеваниями органа зрения. Катаракта, осложненная глаукомой, встречается на практике довольно часто — в 15–76% случаев [1, 2]. После удачно проведенной антиглаукомной операции в течение первых месяцев в 15–81% у пациентов развивается и прогрессирует катаракта [3, 4]. В связи с этим широко распространена одномоментная хирургия данной сочетанной патологии [5, 6].

Благодаря развитию современных офтальмохирургических технологий лечение пациентов с комбинированной патологией выполняется с минимальным количеством операционных и послеоперационных осложнений. Так, применение вискоэластиков, использование фемтосекундного лазера (фемтокапсулорексиса и фемтофрагментации ядра катаракты) позволяют сократить время операции, уменьшить механическую нагрузку на связочный аппарат хрусталика, что имеет существенное значение при наличии дистрофических глаукомных изменений в области иридохрусталиковой диафрагмы [7–10].

Антиглаукомный компонент в одномоментном вмешательстве может быть представлен весьма разнообразно — как проникающими (чаще всего с этой целью применяется трабекулэктомия, ТЭ), так и непроникающими (в основном непроникающей глубокой склерэктомией (НГСЭ), реже каналопластикой, трабекулотомией ab interno и др.) операциями,

инновационными технологиями MIGS (Minimally Invasive Glaucoma Surgery), применением шунтов и клапанов [11–17].

Однако вопросы, связанные с продолжительностью гипотензивного эффекта антиглаукомного вмешательства, несмотря на комбинированное хирургическое лечение, остаются не до конца решенными. В связи с этим дальнейшая разработка оптимальных и эффективных методов одномоментной хирургии с целью снижения уровня внутриглазного давления (ВГД), повышения зрительных функций, предотвращения рубцевания склеро-склеральных путей оттока внутриглазной жидкости и фильтрационной подушки является актуальной задачей.

**ЦЕЛЬ** работы — разработать новую частично фистулирующую операцию для комбинированного хирургического лечения первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ) и факоемульсификации осложненной катаракты, а также оценить ее эффективность в сравнении с проникающим и непроникающим антиглаукомным компонентом комбинированной хирургии.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Под наблюдением находился 61 пациент (65 глаз) с сочетанием неполной осложненной катаракты и ранее неоперированной ПОУГ I–III стадий, которым было выполнено комбинированное одномоментное вмешательство: факоемульсификация катаракты (ФЭК) + антиглаукомная операция (АГО).

Комплексное офтальмологическое обследование пациентов включало определение остроты зрения по таблицам Сивцева — Головина, оценку поля зрения методом кинетической периметрии (тест-объект 4/II) на полусферическом периметре (Zeiss, Германия), измерение ВГД при помощи бесконтактной тонометрии (Kowa КТ-800, Япония), биомикроскопию переднего отрезка глаза и глазного дна, оптическую когерентную томографию (ОКТ) диска зрительного нерва (ДЗН) (RetinaScan-3000, Япония).

Возраст больных, 29 (47,5%) мужчин и 32 (52,5%) женщин, находился в диапазоне 55–81 года (в среднем составил  $65,2 \pm 5,9$  года) (табл. 1).

Пациенты были разделены на 3 группы: 1-я (контрольная) группа — 17 пациентов (17 глаз) с ультразвуковой ФЭК и НГСЭ, выполненными по стандартной методике (ФЭК+НГСЭ); 2-я (контрольная) группа — 25 пациентов (28 глаз) с ультразвуковой ФЭК и классической ТЭ (ФЭК + ТЭ); 3-я (основная) группа — 19 пациентов (20 глаз) с ультразвуковой ФЭК и разработанной частично фистулизирующей операцией (ЧФО): ФЭК + ЧФО.

Доля больных с начальной стадией ПОУГ была наибольшей в 1-й группе (35,3%), а наименьшей — во 2-й (21,4%). Пациенты с III стадией ПОУГ преобладали во 2-й группе — 32,1% (в 1-й — 23,5%, во 2-й — 25,0%). Средний предоперационный уровень ВГД и показатели визометрии в группах достоверно не отличались, однако следует упомянуть, что наименьший уровень офтальмотонуса и наиболь-

шая острота зрения были зарегистрированы в 1-й группе, где в качестве антиглаукомного компонента был применен непроникающий вариант операции. В среднем для местной медикаментозной коррекции использовалось  $2,4 \pm 0,5$  гипотензивных препарата.

Ультразвуковую ФЭК с имплантацией интраокулярной линзы (ИОЛ) выполняли по стандартной методике (Infiniti Ozil IP, Alcon, США). Расчет оптической силы ИОЛ выполняли по формуле SRK-T. Все оперативные вмешательства выполняли под эпibuльбарной анестезией в сочетании с нейрореплетаналгезией.

Подробное описание традиционных антиглаукомных вмешательств проникающего (ТЭ) и непроникающего (НГСЭ) типа, которые применялись нами в качестве контрольных при одномоментных комбинированных вмешательствах с ФЭК, представлено в соответствующих работах [18], что освобождает нас от необходимости детального изложения техники представленных операций.

Разработанная нами операция [19], основанная на методике НГСЭ с циклодиализом и включающая также элементы иридоциклоретракции и аутосклерциклостомии, осуществлялась следующим образом. После формирования Г-образного конъюнктивального лоскута выкраивался поверхностный склеральный лоскут треугольной формы основанием 4,0 мм, высотой 5,0–5,5 мм и толщиной в 1/3 склеры с заходом до 1,5 мм в прозрачные слои роговицы. Под ним формировали глубокий лоскут склеры

прямоугольной формы над цилиарным телом, оставляя только очень тонкий слой склеры над ним, вместе с наружной стенкой шлеммова канала и стромой роговицы и обнажением периферической части десцеметовой оболочки (рис., А). Затем в 2 мм от лимба и параллельно ему производили разрез склеры до цилиарного тела в пределах склерального ложа. Из образованной раны на всю ее длину выполняли передний циклодиализ, сопровождающийся, как правило, истечением небольшой порции камерной влаги. Из сформированного ранее глубокого лоскута склеры путем разреза до основания (рис., Б) формировали 2 полоски, одну из которых с помощью микрошпателя направляли в переднюю камеру, а другую, после предварительного заднего циклодиализа, имплантировали через циклодиализную щель в супрахориоидальное пространство по направлению к своду (рис., В). Затем в 3,5 и 4,5 мм от лимба и параллельно ему на протяжении склерального ложа производили еще 2 сквозных разреза склеры до супраувеального пространства. В эти разрезы с помощью микрошпателя по направлению к экватору направляли верхушку склерального лоскута, где и укрепляли посредством защемления (рис., Г). Конъюнктиву герметизировали 2 узловыми швами.

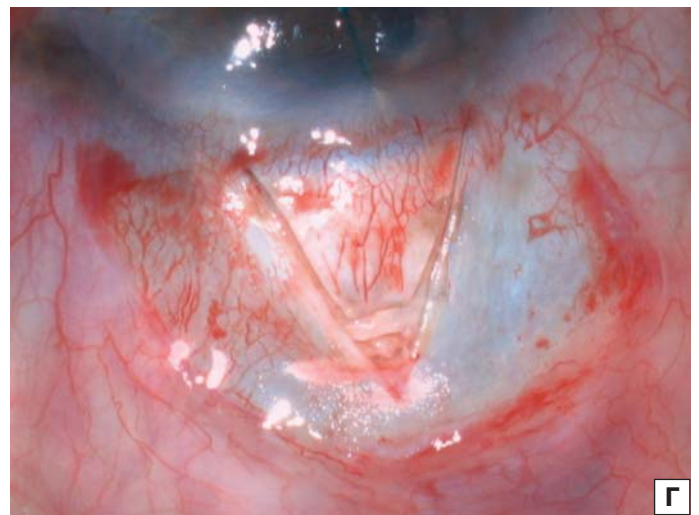
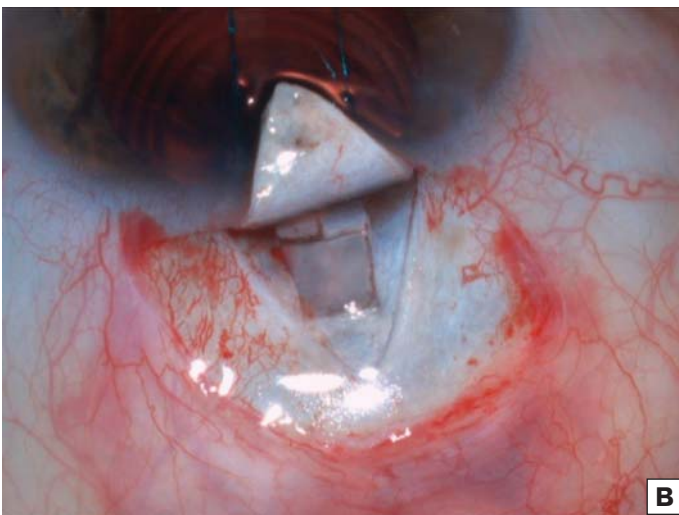
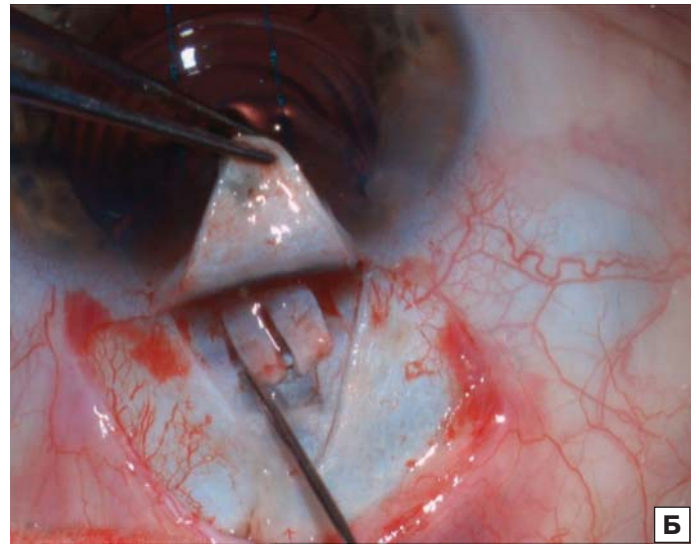
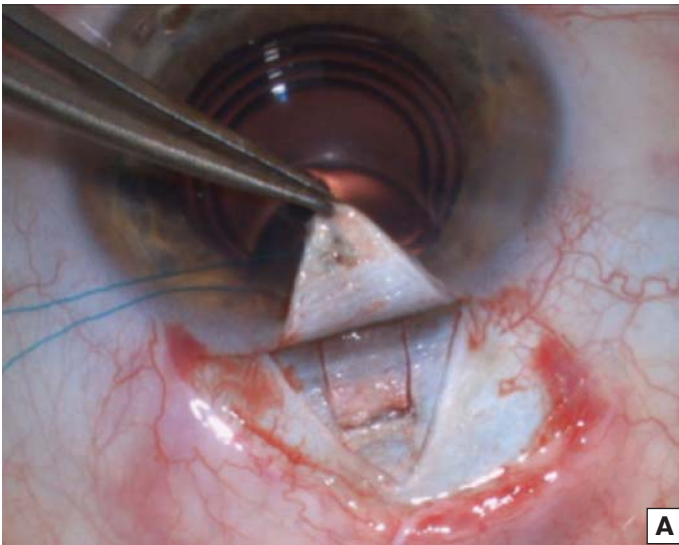
Послеоперационное ведение пациентов было стандартным: эпibuльбарно назначали антибиотики

**Таблица 1.** Характеристика сравниваемых групп до оперативного лечения  
**Table 1.** Characteristics of the compared groups before surgical treatment

Исходные данные Initial data		1-я группа (контрольная) ФЭК + НГСЭ 1st group (control) CFE + NPDS	2-я группа (контрольная) ФЭК + ТЭ 2nd group (control) CFE + TE	3-я группа (основная) ФЭК + ЧФО 3 group (main) CFE + PFS
Число пациентов Number of patients		17	25	19
Число глаз Number of eyes		17	28	20
Возраст, лет M ± m Диапазон Age, yrs M ± m Range		64,8 ± 7,5 55–77	65,5 ± 6,2 58–81	65,0 ± 6,9 60–74
Стадии ПОУГ Stages of POAG	I	6 (35,3 %)	6 (21,4 %)	6 (30,0%)
	II	7 (41,2 %)	13 (46,4 %)	9 (45,0 %)
	III	4 (23,5 %)	9 (32,1 %)	5 (25,0 %)
ВГД, мм рт. ст. IOP, mm Hg M ± m		23,1 ± 2,7	28,3 ± 1,9	25,9 ± 2,1
ОЗ M ± m Диапазон VA M ± m Range		0,28 ± 0,03 (0,09–0,7)	0,21 ± 0,04 (0,03–0,5)	0,25 ± 0,05 (0,07–0,6)

**Примечание.** ПОУГ — первичная открытоугольная глаукома, ВГД — внутриглазное давление, ОЗ — острота зрения, ФЭК + НГСЭ — факоемульсификация катаракты с непроникающей глубокой склерэктомией, ФЭК + ТЭ — факоемульсификация катаракты с трабекулэктомией, ФЭК + ЧФО — факоемульсификация катаракты с частично фистулизирующей операцией.

**Note.** POAG — primary open angle glaucoma, IOP - intraocular pressure, VA — visual acuity, CFE + NPDS — cataract phacoemulsification with non-penetrating deep sclerectomy, CFE + TE — cataract phacoemulsification with trabeculectomy, CFE + PFS — cataract phacoemulsification with partially fistulizing surgery.



**Рисунок.** Основные этапы предложенной частично фистулизирующей операции (объяснение в тексте)  
**Figure.** The main stages of the developed partially fistulizing surgery (explanation in the text)

(0,5% левофлоксацин), кортикостероидные (0,1% дексаметазоновые капли) и нестероидные противовоспалительные препараты (дикло-Ф).

Проведен анализ динамики остроты зрения и офтальмотонуса, а также частоты операционных и послеоперационных осложнений. В отдаленном периоде осмотрены 45 больных (49 глаз). Максимальный срок наблюдения составил 15 мес (в среднем  $12,4 \pm 1,8$ ). Результат оперативного лечения оценивался по остроте и полям зрения и, конечно же, уровню ВГД. При ВГД ниже 21 мм рт. ст. результат расценивался как абсолютный, при ВГД ниже 21 мм рт. ст., но с дополнительной гипотензивной терапией — как относительный и, наконец, при ВГД выше 21 мм рт. ст. на гипотензивном режиме с применением максимальной медикаментозной терапии — как неудачный.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Сравнительная эффективность одномоментных комбинированных хирургических вмешательств при катаракте и глаукоме с использованием ФЭК и различных антиглаукомных операций представлена ниже.

Из осложнений во время операции наблюдали разрыв задней капсулы хрусталика в 1-й и 2-й контрольных группах (по одному случаю). Выпадения стекловидного тела и/или развития макулярного отека у данных больных не отмечали.

Из послеоперационных осложнений (табл. 2) чаще всего диагностировали гифему, которая, как правило, была незначительной (часто в виде мазка гемы) и быстро рассасывалась на фоне консервативного лечения. Реже она наблюдалась после ФЭК + НГСЭ — в одном случае, более часто и примерно в равной степени после ФЭК + ТЭ — в 2 случаях и ФЭК + ЧФО — также в 2 случаях.

Цилиохориоидальная отслойка сетчатки была диагностирована только во 2-й группе — в 2 глазах, при этом в одном случае для ее ликвидации пришлось прибегнуть к выпуску субхориоидальной жидкости. При этом в послеоперационном периоде наблюдалась довольно выраженная гипотония, которая в итоге привела к макулярному отеку с последующим развитием макулярной дегенерации и довольно значительным снижением остроты зрения (до 0,1).

Экссудативно-воспалительная реакция (ЭВР), почти исключительно I–II степени (феномен Гиндаля, клеточная

**Таблица 2.** Интраоперационные и ранние послеоперационные осложнения в сравниваемых группах  
**Table 2.** Intraoperative and early postoperative complications in the compared groups

Осложнения Complications	1-я группа (контрольная), % 1st group (control), %	2-я (контрольная), % 2nd group (control), %	3-я группа (основная), % 3 group (main), %
Гифема Hyphema	5,9	10,7	10,0
Цилихориоидальная отслойка Cilichoroidal detachment	—	7,1	
Экссудативно- воспалительная реакция Exudative inflammatory reaction	—	7,1	5,0
Разрыв задней капсулы Rupture of the posterior capsule	5,9	3,6	—
Всего Total	11,8	28,5	15,0

**Таблица 3.** Ближайшие и отдаленные результаты комбинированных операций в сравниваемых группах  
**Table 3.** Immediate and long-term results of combined operations in the compared groups

Группы Groups	Среднее ВГД через неделю, мм рт. ст. Average IOP after 1 week, mm Hg	Среднее ВГД в отдаленном периоде, мм рт. ст. Average IOP in the remote period, mm Hg	Отдаленный гипотензивный эффект, % Long-term hypotensive effect, %			Острота зрения в отдаленные сроки Long term visual acuity M ± m
			абсолютный absolute	относительный relative	повторные операции repeated operations	
1-я	14,10 ± 0,94	19,9 ± 1,7	41,7	50,0	8,3	0,70 ± 0,07
2-я	11,30 ± 0,74	14,8 ± 1,1	65,0	35,0	—	0,64 ± 0,05
3-я	13,20 ± 0,87	15,5 ± 1,4	60,0	40,0	—	0,78 ± 0,06

взвес в передней камере, единичные складки десцеметовой оболочки, цилиарная болезненность и т. п.), выявлялась чаще во 2-й группе. К моменту выписки пациентов ЭВР была полностью ликвидирована в результате обычной противовоспалительной терапии. В первых 2 группах по одному случаю был зафиксирован разрыв задней капсулы хрусталика.

Таким образом, во 2-й контрольной группе в целом общее число осложнений по сравнению с 1-й и 3-й группами фиксировалось в 2 раза чаще (28,5% против 11,8 и 15%).

Значения уровня ВГД в сравниваемых группах через неделю после операции существенно не отличались (табл. 3), хотя более выраженным снижением офтальмотонуса было после фистулизирующей операции, а именно ТЭ. Так, ВГД в 1-й группе составляло 14,10 ± 0,94 мм рт. ст., во 2-й группе — 11,30 ± 0,74 мм рт. ст., в 3-й группе — 13,20 ± 0,87 мм рт. ст.

В отдаленные сроки (в среднем через 11,1 ± 2,1 мес) удалось обследовать 12 пациентов 1-й группы, среднее ВГД составило 19,9 ± 1,7 мм рт. ст. При этом абсолютный гипотензивный эффект был достигнут только у 5 (41,7%) больных.

В одном (8,3%) случае в связи со стойкой декомпенсацией ВГД была сделана антиглаукомная фистулизирующая реоперация, остальные 6 (50,0%) больных вынуждены были использовать дополнительную гипотензивную терапию (2,1 ± 0,5 препарата). Следует отметить также, что 4 (33,3%) больным из 12 в сроки до месяца после антиглаукомной операции была выполнена лазерная десцеметогониопунктура.

Во 2-й группе в отдаленном периоде (в среднем через 13,9 ± 2,1 мес) обследовано 18 больных (20 глаз), ВГД в среднем составило 14,8 ± 1,1 мм рт. ст., причем оно оставалось компенсированным без применения гипотензивных капель в 13 (65,0%) глазах. В остальных случаях возникла необходимость в медикаментозной коррекции (0,98 ± 0,30 препарата), при этом в повторных операциях больные не нуждались.

Отдаленные результаты у 14 больных (15 глаз) в 3-й группе были следующими. Абсолютный гипотензивный эффект зафиксирован в 9 (60%) глазах, относительный (1,3 ± 0,4 препарата) — в 6 (40%). В целом среднее значение офтальмотонуса составило 15,50 ± 0,75 мм рт. ст., необходимости в реоперации не было.

Острота зрения в раннем послеоперационном периоде улучшилась практически у всех больных (осталась прежней — 0,08 — только у одного пациента 2-й группы с далеко зашедшей глаукомой), при этом в большинстве случаев просматривалась ее зависимость от стадии заболевания. В среднем острота зрения в 1-й группе через 5–7 дней после одномоментной

комбинированной операции оказалась равной 0,57 ± 0,06, во 2-й группе — 0,45 ± 0,04, в 3-й группе — 0,52 ± 0,03. Таким образом, к моменту выписки пациентов из стационара наилучшие показатели визометрии в основном были достигнуты в 1-й контрольной группе, в меньшей степени — в 3-й (основной) группе. Следует, однако, учитывать, что в 1-й (35,3%) и 3-й (30,0%) группах доля больных ПОУГ с начальной стадией заболевания была несколько выше, чем во 2-й (21,4%). Это объяснялось тем, что сочетание ФЭК с ТЭ чаще использовалось у больных ПОУГ с продвинутыми стадиями заболевания.

В отдаленные сроки наблюдения показатели остроты зрения составляли соответственно 0,70 ± 0,07, 0,64 ± 0,05 и 0,78 ± 0,06, т. е. наилучшие визуальные результаты были достигнуты в основной и 1-й контрольной группах. Различия в остроте зрения между основной и 2-й контрольной группой в отдаленные сроки наблюдения оказались достоверным ( $p < 0,05$ ). У подавляющего большинства пациентов в сравниваемых группах поле зрения оставалось стабильным на всех сроках наблюдения: соответственно в 83,3, 95,0 и 93,3% случаев. При этом следует учитывать, что в 1-й контрольной группе прогрессирование глаукомной оптической нейропатии (ГОН) по данным кинетической периметрии, офтальмоскопии, ОКТ ДЗН после операции отмечалось значительно чаще, а именно в 16,7% случаев (2 глаза), чем во 2-й контрольной и 3-й (основной) группах — соответственно в 5,0% (один глаз) и 6,7% (один глаз) случаев.

Таким образом, сравнительный анализ результатов непроникающей, частично и полностью фистулизирующих операций при хирургии ПОУГ и неполной осложненной катаракты показал следующее. Наилучшие и примерно равные в гипотензивном отношении данные в отдаленном периоде показали комбинированные операции, включавшие в себя ультразвуковую ФЭК с ТЭ (абсолютный эффект в 65% случаев) и ЧФО (соответственно в 60% случаев). Однако число ранних послеоперационных осложнений после последней оказалось почти в 2 раза меньше, чем после одномоментного вмешательства с проникающей ТЭ, и было вполне сопоставимо с таковым после НГСЭ (15 и 11,8%). При этом наилучшие визуальные результаты в изученные сроки наблюдались в 3-й основной ( $0,78 \pm 0,06$ ) и 1-й контрольной ( $0,70 \pm 0,07$ ) группах.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Одним из наиболее распространенных подходов к оперативному лечению больных с сочетанием катаракты и глаукомы в настоящее время является проведение комбинированной хирургии с одномоментным удалением катаракты с имплантацией ИОЛ и антиглаукомной операцией [5, 20, 21]. При этом антиглаукомный компонент в одномоментном вмешательстве может быть представлен как фистулизирующими операциями (преимущественно ТЭ), так и непроникающими (чаще всего НГСЭ). Те и другие имеют свои преимущества и недостатки: более высокий гипотензивный эффект проникающих вмешательств и низкое число осложнений после неперфорированных операций [11–13, 15, 16]. Поэтому остается актуальной разработка оптимального антиглаукомного компонента, обладающего преимуществами как непроникающих, так и фистулизирующих операций.

Представленный сравнительный анализ непроникающей, частично и полностью фистулизирующей операций, выполненных в комбинации с ФЭК у больных с неполной осложненной катарактой и ранее неоперированной ПОУГ I–III стадий, показал, что разработанная нами ЧФО в изученные сроки (в среднем через год после операции) не уступает по эффективности традиционной проникающей операции ТЭ (абсолютный эффект был достигнут в 60% случаев в сравнении с 65%), но имеет значительные преимущества перед последней в безопасности. Так, число ранних послеоперационных осложнений после нее оказалось почти в 2 раза меньше (15% против 28,5%), чем после ТЭ.

Известно, что при комбинированной хирургии реже встречается отслойка сосудистой оболочки и более длительно остается сниженным ВГД, чем при изолированной проникающей хирургии глаукомы. В данном исследовании средний дооперационный уровень ВГД был  $25,9 \pm 2,1$  мм рт. ст., но через неделю и 11 мес после операции среднее ВГД составило  $13,20 \pm 0,87$  и  $15,5 \pm 1,4$  мм рт. ст. По сравнению с данными Н. Chen и соавт., которые достигли среднего послеоперационного уровня ВГД  $12,72 \pm 6,66$  мм рт. ст. [22], наши результаты несколько выше. М. Tanito и соавт. [23] пришли к выводу, что комбинированная хирургия нормализует ВГД и улучшает остроту зрения у взрослых с сопутствующей глаукомой и катарактой. Е. Rockwood и соавт. [24] сообщили о снижении ВГД на  $5,5$  мм рт. ст. по сравнению с дооперационным. J. Vobrow [25] показал, что комбинированная операция позволяет значительно снизить ВГД (на  $7,2 \pm 4,6$  мм рт. ст.), чем изолированная операция по удалению катаракты (на  $4,4 \pm 3,3$  мм рт. ст.).

При этом разработанная ЧФО в комбинации с ФЭК превзошла в гипотензивном отношении хирургическое вмешательство с использованием НГСЭ, после которой

абсолютный эффект получен только в 41,7% случаев, что и привело к прогрессированию ГОН в 16,7% (для сравнения: после ЧФО — в 6,7%, т. е. в 2,5 раза реже). В остальных случаях после ФЭК с НГСЭ кроме медикаментозной коррекции для нормализации ВГД в 33,3% случаев понадобилась ЛДГП и в 8,3% — антиглаукомная реоперация.

Установлено, что большинство пациентов после комбинированной хирургии не могут полностью отказаться от гипотензивных лекарств. Однако многие достигают лучшего контроля уровня ВГД после проведенной операции, и для поддержания целевого уровня офтальмотонуса необходимо меньшее количество препаратов. В данном исследовании были получены следующие результаты: абсолютный гипотензивный эффект зафиксирован в 9 (60%) глазах, в 40% (6 глаз) случаев пациенты принимали менее двух препаратов ( $1,3 \pm 0,4$ ). В других исследованиях также показано снижение количества послеоперационных препаратов [20, 26–28].

Несмотря на то, что после комбинированной хирургии зрительные функции восстанавливаются медленнее, чем после операции по удалению катаракты, потенциал для зрительной реабилитации высокий. Об этом свидетельствуют результаты, полученные в данном исследовании: острота зрения до хирургического вмешательства в основной группе была равной  $0,25 \pm 0,05$ , в отдаленные же сроки данный показатель составил  $0,78 \pm 0,06$ . Данные результаты сопоставимы с другими исследованиями, в которых также получено улучшение остроты зрения [27, 28].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная ЧФО в комбинации с ФЭК при хирургии ПОУГ и осложненной катаракты в изученные сроки превосходит в отношении гипотензивных результатов одномоментное хирургическое вмешательство с использованием НГСЭ (абсолютный эффект — в 60 и 41,7% случаев, прогрессирование ГОН — в 6,7 и 16,7%), при этом практически не уступает ТЭ (в 60 и 65% случаев соответственно) и существенно превосходит последнюю в безопасности (число ранних осложнений почти в 2 раза меньше), а также по остроте зрения в отдаленном послеоперационном периоде ( $0,78 \pm 0,06$  против  $0,64 \pm 0,05$ ).

## Литература/References

1. Mamalis N., Lohner S., Rand A.N., Crandall A.S. Combined phacoemulsification, intraocular lens implantation, and trabeculectomy. J. Cataract. Refract. Surg. 1996; 22 (4): 467–73. doi: 10.1016/s0886-3350(96)80044-7
2. Алексеев Б.Н., Ермолаев А.П. Трабекулотомия ab interno в комбинации с одномоментной экстракцией катаракты. Вестник офтальмологии. 2003; 119 (4): 7–10. [Alexeev B.N., Ermolaev A.P. Trabeculectomy ab interno in combination with simultaneous cataract extraction. Vestnik oftal'mologii. 2003; 119 (4): 7–10 (in Russian)].
3. Мамиконян В.Р., Юсеф Ю.Н., Введенский А.С. и др. Результаты комбинированного хирургического лечения открытоугольной глаукомы и катаракты. Вестник офтальмологии. 2010; 126 (4): 3–6. [Mamikonyan V.R., Youssef Naim Youssef, Vvedensky A.S., et al. Results of combined surgical treatment of open-angle glaucoma and cataract. Vestnik oftal'mologii. 2010; 126 (4): 3–6 (in Russian)].
4. Першин К.В. Занимательная факоэмульсификация. Записки катарактального хирурга. Санкт-Петербург: Борея Арт; 2007. [Pershin K.V. Entertaining phacoemulsification. Notes of the cataract surgeon. St. Petersburg: Borey Art; 2007 (in Russian)].
5. Бабушкин А.Э., Исафилова Г.З., Оренбургкина О.И. К вопросу об антиглаукомном компоненте при сочетанной хирургии глаукомы и катаракты. Точка зрения. Восток — Запад. 2020; 1: 80–3. [Babushkin A.E., Israfilova G.Z., Orenburkina O.I. On the issue of the anti-glaucoma component in combined surgery of glaucoma and cataract. Point of view. East-West. 2020; 1: 80–3 (in Russian)]. doi: 10.25276/2410-1257-2020-1-80-83
6. Caprioli J., Kim J.H., Friedman D.S., et al. Special commentary: Supporting innovation for safe and effective minimally invasive glaucoma surgery. Ophthalmology. 2015; 122 (9): 1795–801. doi: 10.1016/j.ophtha.2015.02.029
7. Бикбов М.М., Хуснутдинов И.И. Каналоластика при глаукоме: хирурги-

- ческая техника и результаты. РМЖ Клиническая офтальмология. 2014; 15 (2): 78–81. [Bikbov M.M., Khusnitdinov I.I. Canaloplasty in glaucoma: surgical technique and results. Russian Journal of Clinical Ophthalmology. 2014; 15 (2): 78–81 (in Russian)].
8. Бикбов М.М., Хуснитдинов И.И., Суркова В.К., Чайка О.В., Оренбуркина О.И. Результаты одномоментной фактоэмульсификации катаракты и каналоластики у пациентов с глаукомой. Современные технологии в офтальмологии. 2014; 3: 18–20. [Bikbov M.M., Khusnitdinov I.I., Surkova V.K., Chaika O.V., Orenburkina O.I. Results of single-step phacoemulsification of cataract and canaloplasty in patients with glaucoma. Modern technologies in ophthalmology. 2014; 3: 18–20 (in Russian)].
  9. Исрафилова Г.З., Хуснитдинов И.И., Бабушкин А.Э., Чайка О.В. Сравнительная эффективность различных антиглаукомных операций в комбинированной хирургии катаракты и глаукомы. Точка зрения. Восток — Запад. 2019; 2: 35–40. [Israfilova G.Z., Khusnitdinov I.I., Babushkin A.E., Chaika O.V. Comparative effectiveness of various anti-glaucoma operations in combined cataract and glaucoma surgery. Scientific and practical journal. Point of View. East-West. 2019; 2: 35–40 (in Russian)]. doi: <https://doi.org/10.25276/2410-1257-2019-2-35-40>
  10. Tham C.C., Kwong Y.Y., Leung D.Y. Phacoemulsification versus combined phacotrabeculectomy in medically controlled chronic angle closure glaucoma with cataract. Ophthalmology. 2008; 115: 2167–73. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2008.06.016>
  11. Введенский А.С., Юсеф С.Н., Шарнина Т.В., Воробьева М.В. Гипотензивная эффективность комбинированного патогенетически ориентированного хирургического лечения катаракты и первичной открытоугольной глаукомы. Вестник офтальмологии. 2013; 129 (6): 19–23. [Ivedenskiy A.S., Iusef S.N., Sharnina T.V., Vorob'eva M.V. Hypotensive efficacy of combined pathogenetically oriented surgical treatment of cataract and primary open-angle glaucoma. Vestnik oftalmologii. 2013; 129 (6): 19–23 (in Russian)].
  12. Bilgin G., Karakurt A., Saricaoglu M.S. Combined non-penetrating deep sclerectomy with phacoemulsification versus non-penetrating deep sclerectomy alone. Semin. Ophthalmol. 2014; 29 (3): 146–50. doi: [10.3109/08820538.2013.874466](https://doi.org/10.3109/08820538.2013.874466)
  13. Бикбов М.М., Хуснитдинов И.И., Суркова В.К. и др. Результаты одномоментной фактоэмульсификации катаракты и каналоластики у пациентов с глаукомой. Современные технологии в офтальмологии. 2014; 3: 18–20. [Bikbov M.M., Khusnitdinov I.I., Surkova V.K., et al. Results of single-step phacoemulsification of cataract and canaloplasty in glaucoma patients. Modern technologies in ophthalmology. 2014; 3: 18–20 (in Russian)].
  14. Хуснитдинов И.И., Бикбов М.М. Одномоментная фактоэмульсификация катаракты с имплантацией клапана Achmed у пациентов с рефрактерной глаукомой. Вестник ОГУ. 2015; 12 (187): 270–2. [Khusnitdinov I.I., Bikbov M.M. One-time cataract phacoemulsification with Achmed valve implantation in patients with refractory glaucoma. Bulletin of the OGU. 2015; 12 (187): 270–2 (in Russian)].
  15. Бикбов М.М., Хуснитдинов И.И. Результаты комбинированного хирургического вмешательства у больных с первичной открытоугольной глаукомой и осложненной катарактой с использованием дренажа «Глаутекс». Катарактальная и рефракционная хирургия. 2016; 16 (1): 42–6. [Bikbov M.M., Khusnitdinov I.I. Results of combined surgery in patients with primary open-angle glaucoma and complicated cataract using Glautex drainage. Cataract and refractive surgery. 2016; 16 (1): 42–6 (in Russian)].
  16. Vinod K., Gedde S.J., Feuer W.J., et al. Practice preferences for glaucoma surgery: A survey of the American Glaucoma Society. Journal of Glaucoma. 2017; 26 (8): 687–93. doi: [10.1097/IJG.0000000000000720](https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000000720)
  17. Бабушкин А.Э., Чайка О.В. К вопросу о повышении эффективности отдаленных результатов одномоментного хирургического вмешательства у больных с первичной открытоугольной глаукомой и осложненной катарактой. Точка зрения. Восток — Запад. 2018; 3: 57–60. [Babushkin A.E., Chaika O.V. On the issue of improving the effectiveness of long-term results of single-step surgery in patients with primary open-angle glaucoma and complicated cataracts. Point of View. East-West. 2018; 3: 57–60 (in Russian)]. doi: [10.25276/2410-1257-2018-57-60](https://doi.org/10.25276/2410-1257-2018-57-60)
  18. Егоров Е.А., ред. Глаукома. Национальное руководство. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2013. [Egorov E.A., ed. Glaucoma. National leadership. Moscow: GEOTAR-Media; 2013 (in Russian)].
  19. Бикбов М.М., Исрафилова Г.З., Бабушкин А.Э., Оренбуркина О.И. Способ лечения первичной открытоугольной глаукомы. Патент РФ № 2735378 от 30.10.2020. [Bikbov M.M., Israfilova G.Z., Babushkin A.E., Orenburkina O.I. Method of primary open angle glaucoma treatment. Patent RU № 2735378, 30.10.2020 (in Russian)].
  20. Фролов М.А., Фролов А.М., Казакова К.А. Комбинированные методы лечения при сочетании катаракты и глаукомы. Вестник офтальмологии. 2017; 133 (4): 42–6. [Frolov M.A., Frolov A.M., Kazakova K.A. Combined treatments for the combination of cataracts and glaucoma. Bulletin of Ophthalmology. 2017; 133 (4): 42–6 (in Russian)]. doi: [10.17116/oftalma2017133442-46](https://doi.org/10.17116/oftalma2017133442-46)
  21. Анисимов С.И., Анисимова С.Ю., Арутюнян Л.Л. и др. Современные подходы к хирургическому лечению сочетанной патологии глаукомы и катаракты. Национальный журнал глаукома. 2019; 18 (4): 88–97. [Anisimov S.I., Anisimova S.Yu., Arutyunyan L.L., et al. Current approaches to surgical treatment of the combined pathology of glaucoma and cataract. National Journal of Glaucoma. 2019; 18 (4): 88–97 (in Russian)]. doi: [10.25700/NJG.2019.04.07](https://doi.org/10.25700/NJG.2019.04.07)
  22. Chen H., Ge J., Liu X. The clinical analysis of 260 combined surgery of glaucoma and cataract. Yan Ke Xue Bao (China) 2000; 16 (2): 102–5.
  23. Tanito M., Ohira A., Chihara E. Surgical outcome of combined trabeculectomy and cataract surgery J. Glaucoma. 2001; 10: 302–8. doi: [10.1097/00061198-200108000-00010](https://doi.org/10.1097/00061198-200108000-00010)
  24. Rockwood E.J., Larive B., Hahn J. Outcomes of combined cataract extraction, lens implantation and trabeculectomy surgeries. Am. J. Ophthalmol. 2000; 130: 704–11. doi: [10.1016/s0002-9394\(00\)00541-9](https://doi.org/10.1016/s0002-9394(00)00541-9)
  25. Bobrow J.C. Prospective inpatient comparison of extracapsular cataract extraction and lens implantation with and without trabeculectomy. Am. J. Ophthalmol. 2000; 129: 291–6. doi: [10.1016/s0002-9394\(99\)00342-6](https://doi.org/10.1016/s0002-9394(99)00342-6)
  26. Urban V., Kaumann M.T., Sturmer J.P. Glaucoma and Cataract: Combined operation or trabeculectomy first and cataract extraction later. Klin. Monatsbl. Augerheilkd (Germany). 2000; 216 (2): 105–11. doi: [10.1055/s-2000-10527](https://doi.org/10.1055/s-2000-10527)
  27. Hoffman E., Schwenn O., Karakus M. Long term results of cataract surgery combined with trabeculectomy. Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol. 2002; 240: 2–6. doi: [10.1007/s004170100337](https://doi.org/10.1007/s004170100337)
  28. Freidmann D.S., Jampel H.D., Lubomski L.H. Surgical strategies for co-existing glaucoma and cataract; an evidence based update. Ophthalmology 2002; 109: 1902–13. doi: [10.1016/s0161-6420\(02\)01267-8](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(02)01267-8)

**Вклад авторов в работу:** М.М. Бикбов — концепция и дизайн исследования, консультирование и редактирование; О.И. Оренбуркина, А.Э. Бабушкин, И.И. Хуснитдинов — сбор и обработка данных, написание текста; Г.З. Исрафилова — написание текста, редактирование.  
**Authors' contribution:** M.M. Bikbov — concept and design of the study, consulting and editing; O.I. Orenburkina, A.E. Babushkin, I.I. Khusnitdinov — data collection and processing, writing of the article; G.Z. Israfilova — writing and editing of the article.

Поступила: 02.02.2022. Переработана: 21.02.2022. Принята к печати: 24.02.2022

Originally received: 02.02.2022. Final revision: 21.02.2022. Accepted: 24.02.2022

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

ГБУ «Уфимский НИИ глазных болезней АН РБ», ул. Пушкина, д. 90, Уфа, 450008, Россия

Мухаррам Мухтарамович Бикбов — д-р мед. наук, профессор, директор

Ольга Ивановна Оренбуркина — канд. мед. наук, зав. лабораторией хирургии хрусталика и интраокулярной коррекции

Александр Эдуардович Бабушкин — д-р мед. наук, зав. отделом научных исследований

Ильнур Ильдарович Хуснитдинов — д-р мед. наук, зав. 1-м микрохирургическим отделением

Гульнара Зуфаровна Исрафилова — врач-методист

Для контактов: Гульнара Зуфаровна Исрафилова, [israfilova\\_gulnara@mail.ru](mailto:israfilova_gulnara@mail.ru)

GBU "Ufa Research Institute of Eye Diseases of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan", 90, Pushkin str., Ufa, 450008, Russia

Muharram M. Bikbov — Dr. of Med. Sci., professor, director

Olga I. Orenburkina — Cand. of Med. Sci., head of laboratory of lens surgery and intraocular correction

Alexander E. Babushkin — Dr. of Med. Sci., head of research department

Ilnur I. Khusnitdinov — Dr. of Med. Sci., head of microsurgical department

Gulnara Z. Israfilova — methodologist

Contact information: Gulnara Z. Israfilova, [israfilova\\_gulnara@mail.ru](mailto:israfilova_gulnara@mail.ru)



<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-38-43>

# Комплексная оценка офтальмогериатрических изменений у пациентов с влажной формой возрастной макулярной дегенерации

А.Ю. Брежнев , Е.А. Андросова, В.И. Баранов

ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. К. Маркса, д. 3, Курск, 305041, Россия

**Цель работы** — комплексная оценка офтальмогериатрических изменений у пациентов с влажной формой возрастной макулярной дегенерации (ВМД) на этапе выявления заболевания. **Материал и методы.** Обследовано 200 пациентов (43,5% мужчины, 56,5% женщины) пожилого и старческого возраста (60+ лет) с впервые выявленной влажной формой ВМД. Помимо стандартного офтальмологического обследования, проводилось анкетирование для выявления факторов риска, рассчитывался индекс массы тела (ИМТ) и индекс коморбидности (ИК) Чарлсона. **Результаты.** ИМТ составил  $29,46 \pm 4,1$  кг/м<sup>2</sup>, ИК — 3,3 [2; 4] балла при среднем количестве нозологий на одного больного с ВМД 4,0 [2; 6] (показатель варьировал от 1 до 7 заболеваний). Полипрагматизация имела место в 8% случаев. Дегенеративные изменения конъюнктивы встречались у 11% обследованных, старческая дуга — у 34,5%, дистрофия радужной оболочки — в 68%, псевдоэкзофолиативный синдром — в 17,5%, сенильная катаракта — в 89,5%, дегенеративные изменения стекловидного тела — в 84,5%, первичная открытоугольная глаукома — в 2% случаев. Гендерных различий по этим показателям не выявлено. Среди системных заболеваний наиболее часто встречалась кардио- и цереброваскулярная патология (артериальная гипертензия — 74,5%, ишемическая болезнь сердца — 40,5%, цереброваскулярная патология — 20,5%). Сахарный диабет II типа обнаружен у 6,5% пациентов (при этом у женщин этот показатель более чем в 2 раза выше, чем у мужчин). **Заключение.** Влажная форма ВМД характеризуется широким спектром коморбидных состояний, способных оказывать влияние на основное заболевание, в том числе за счет полипрагматизации.

**Ключевые слова:** возрастная макулярная дегенерация; офтальмогериатрия; коморбидность; возраст-ассоциированные заболевания глаз

**Конфликт интересов:** отсутствует.

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

**Для цитирования:** Брежнев А.Ю., Андросова Е.А., Баранов В.И. Комплексная оценка офтальмогериатрических изменений у пациентов с влажной формой возрастной макулярной дегенерации. Российский офтальмологический журнал. 2022; 15 (2) (Приложение): 38-43. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-38-43>

## An integrated assessment of ophthalmogeriatric changes in patients with the wet form of age-related macular degeneration

Andrey Y. Brezhnev , Elena A. Androsova, Valery I. Baranov

Kursk State Medical University, 3, Karl Marx St., Kursk, 305041, Russia  
drbrezhnev@hotmail.com

**Purpose.** Integrated assessment of ophthalmogeriatric changes in patients with the wet form of age-related macular degeneration (AMD) at the time of primary diagnosis. **Material and methods.** 200 senior and senile patients aged 60 or more (of which 43.5% were male) with

the newly diagnosed wet AMD underwent a standard ophthalmological examination, took a survey aimed at identifying specific risk factors, and tested for Body Mass Index (BMI) and Charlson Comorbidity Index (CCI). **Results.** The BMI was  $29.46 \pm 4.1 \text{ kg/m}^2$  and the CCI was 3.3 [2; 4]. The average number of disorders per patient with AMD was 4.0 [2; 6] (ranging from 1 to 7). Polypragmasia took place in 8% of cases. Degenerative changes in the conjunctiva were found in 11%, arcus senilis — in 34.55%, dystrophic changes of the iris — in 68%, pseudoexfoliation syndrome — in 17.5%, senile cataract — in 89.5%, degenerative changes of the vitreous — in 84.5%, primary open-angle glaucoma — in 2% of cases. No gender differences were revealed in these indicators. Among systemic diseases, the most frequent were cardiac and cerebrovascular pathologies (arterial hypertension — 74.5%, ischaemic heart disease — 40.5%, cerebrovascular pathology — 20.5%). Type 2 diabetes mellitus was found in 6.5% of AMD patients. **Conclusion.** The wet form of AMD is characterized by a wide range of comorbid disorders that can affect the development and progression of the main disease. Polypragmasia plays its own role in this progression.

**Keywords:** age-related macular degeneration; geriatric ophthalmology; comorbidity; age-related eye disorders

**Conflict of interests:** there is no conflict of interests.

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

**For citation:** Brezhnev A.Y., Androsova E.A., Baranov V.I. An integrated assessment of ophthalmogeriatric changes in patients with the wet form of age-related macular degeneration. Russian ophthalmological journal. 2022; 15 (2) (supplement): 38-43 (In Russian). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-38-43>

Происходящие в организме изменения, которые являются компонентами процесса старения и влияют на него, носят комплексный характер [1]. Биологически старение связано с постепенным аккумулярованием самых разнообразных повреждений на молекулярном и клеточном уровнях, приводящих со временем к постепенному уменьшению физиологических резервов и повышенному риску многочисленных болезней, а также к общему ослаблению индивидуальной жизнеспособности [2, 3]. Одной из основных особенностей развития, течения и лечения заболеваний у лиц старших возрастных групп является множественность патологических процессов, обозначаемая термином «коморбидность». Сочетание двух и более заболеваний увеличивается с 10% в возрасте до 19 лет до 80% у лиц 80 лет и старше [4]. Наряду с коморбидностью для этой категории пациентов характерно быстрое развитие лекарственной интоксикации, влияние инволютивных процессов на течение заболеваний, неспецифическое проявление болезней, высокая частота осложнений, развитие синдрома взаимного отягощения. Актуальной проблемой является одновременное назначение пожилому пациенту большого количества лекарств — полипрагмазия, рассматриваемая в гериатрии как отдельный синдром [5].

Подтверждением этой тенденции является и мировая офтальмологическая практика, где около 70% людей с выраженными нарушениями зрения и 78% всех слепых относятся к возрастной категории старше 50 лет [6]. Спектр возраст-ассоциированных заболеваний органа зрения крайне многообразен. Среди наиболее значимых с медицинской и социально-экономической точек зрения упоминаются возрастная макулярная дегенерация (ВМД), глаукома, возрастная катаракта и диабетическая ретинопатия, распространенность которых варьирует в различных популяциях [7, 8]. Именно эти заболевания выступают ведущими причинами слепоты и слабовидения, приводящими к существенному снижению качества жизни пожилых пациентов [9]. Эта категория пациентов отличается, с одной стороны, полиморбидностью патологических состояний со специфическими проявлениями каждого из них, преимущественно хроническим течением имеющихся заболеваний, а с другой стороны, сложностью диагностики и подбора лекарственной терапии.

Последние десятилетия ознаменовались появлением новых данных, касающихся генетического базиса и вопросов этиопатогенеза ВМД, дальнейшим развитием новых технологий ее лечения [10]. Показана роль сопутствующих заболеваний в развитии и прогрессировании патологии сетчатки, высказано предположение о негативном влиянии системной терапии на течение патологического процесса [11].

Определение стратегии и тактики ведения, рациональной фармакотерапии пациентов пожилого и старческого возраста, страдающих ВМД и имеющих сочетанную патологию, является непростой задачей, требующей разработки алгоритмов, учитывающих многочисленные нюансы коморбидности и полипрагмазии на междисциплинарном уровне.

**ЦЕЛЬ** исследования — комплексная оценка офтальмогерiatricких изменений у пациентов с влажной формой ВМД на этапе выявления заболевания.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В проспективное комплексное клиническое исследование вошли 200 пациентов старших возрастных групп с впервые выявленной влажной формой ВМД. Доля мужчин составила 43,5% (87 человек), женщин — 56,5% (113 человек). Участие пациентов в исследовании было подтверждено их письменным согласием. Исследование проводилось на базе ОБУЗ «Офтальмологическая клиническая больница — офтальмологический центр» (Курск).

Критерии включения в исследование: впервые выявленная влажная форма ВМД на одном или обоих глазах; пожилой (60–74 года) или старческий (75–90 лет) возраст (согласно классификации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ, [www.who.int](http://www.who.int))).

Критерии исключения: наличие сопутствующих заболеваний сетчатки, воспалительных заболеваний органа зрения; выраженные помутнения оптических сред, препятствующие достаточной визуализации глазного дна; клиническая рефракция, превышающая по сферическому эквиваленту  $\pm 6,0$  дптр, степень астигматизма более  $\pm 3,0$  дптр.

Протокол включал следующие обязательные офтальмологические обследования: визометрию, рефрактометрию, периметрию, биомикроскопию, офтальмоскопию, тонометрию по Маклакову (грузом 10 г), оптическую когерентную томографию (Cirrus, Carl Zeiss Meditec Inc., США, и Topcon, Япония), ультразвуковое исследование глазных яблок (UD-8000, Tomey, Япония). Всех пациентов опрашивали по специально разработанной анкете, изучали их медицинскую документацию для корректной оценки сопутствующей соматопатологии. Рассчитывали индекс массы тела (ИМТ) по общепринятой методике.

Во всех случаях диагноз был установлен в соответствии с системой дифференциальной диагностики заболеваний и подтвержден специальными методами исследования в соответствии с клиническими рекомендациями и согласно классификации AREDS [12, 13]. Коморбидность боль-



ных с ВМД оценивали с помощью индекса коморбидности (ИК) Чарлсона [14].

**Статистический анализ.** Для обработки данных использовали лицензионное программное обеспечение Statistica (версия 12,0, StatSoft Inc., США) с последующей независимой проверкой полученных результатов. Параметры, имеющие распределение, близкое к нормальному, представлены в формате  $M \pm m$ , где  $M$  — среднее значение,  $m$  — стандартная ошибка среднего. Параметры, имеющие распределение, отличное от нормального, представлены в формате  $Me [Q25\%; Q75\%]$ , где  $Me$  — медиана,  $Q25\%$  и  $Q75\%$  — квартили. При распределении параметров, отличном от нормального, для сравнения нескольких независимых выборок применяли  $H$ -критерий Краскела — Уоллиса, а для парного сравнения двух независимых выборок —  $Z$ -аппроксимацию  $U$ -критерия Манна — Уитни. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимался меньшим 0,05.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Основные характеристики обследованных пациентов представлены в таблице 1. Средний возраст пациентов на этапе выявления заболевания составил  $69,8 \pm 6,8$  года. Не установлено статистически значимой разницы в сроках манифеста влажной формы ВМД у мужчин и женщин ( $68,7 \pm 6,3$  и  $70,2 \pm 6,5$  года соответственно,  $p > 0,05$ ). Не выявлено гендерных различий при анализе таких социально-демографических характеристик, как место жительства (город/село), уровень образования, характер труда, наличие профессиональных вредностей, характер питания и пищевые привычки, уровень физической активности (для всех параметров  $p > 0,05$ ).

Среди фенотипических характеристик наибольший интерес представлял анализ ИМТ, позволяющий косвенно оценить степень избыточного веса и угрозу возникновения болезней, ассоциированных с ожирением. Среди пациентов пожилого и старческого возраста с впервые выявленной ВМД показатель ИМТ составил  $29,46 \pm 4,10$  кг/м<sup>2</sup> ( $28,46 \pm 4,10$  и  $30,25 \pm 4,10$  кг/м<sup>2</sup> для мужчин и женщин соответственно;  $p = 0,061$ ).

Индекс коморбидности Чарлсона составил 3,3 [2; 4] балла. При этом среднее количество нозологий на одного больного с ВМД варьировало от 1 до 7 (в среднем 4,0) [2; 6]. Полипрагмазия, определяемая как назначение пациенту 5

и более лекарственных средств, отмечена в 8% случаев. Гендерных различий по этому показателю не выявлено. При этом у лиц 60–69 лет полипрагмазия встречалась в 7,3% случаев, в возрастной группе 70–79 лет — в 8,6%, у лиц 80 лет и старше — в 14,8% вне зависимости от пола. Наиболее часто в комбинациях встречались такие группы препаратов, как системные антигипертензивные средства (бета-блокаторы, ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента, блокаторы кальциевых каналов, блокаторы рецепторов ангиотензина), антикоагулянты, статины.

Возраст-ассоциированные сопутствующие изменения различных структур глаза в разнообразных сочетаниях выявлены у большинства лиц с ВМД. Так, дегенеративные изменения со стороны конъюнктивы в виде пингвекулы и птеригиума встречались у 11% обследованных, старческая дуга различной степени выраженности — у каждого 3-го пациента. Определяемые при биомикроскопии признаки дистрофии радужной оболочки имели место в 68% случаев. Псевдоэксфолиативный синдром (ПЭС), диагностируемый по обнаружению характерных отложений псевдоэксфолиативного материала на передней капсуле хрусталика и по зрачковому краю радужки в условиях максимально достижимого медикаментозного мидриаза, был установлен у 17,5% пациентов. Среди сопутствующей офтальмопатологии преобладала сенильная катаракта различных стадий, клинические признаки которой выявлены в 89,5% случаев, причем почти 2/3 случаев сопровождались более интенсивными помутнениями хрусталика именно на глазу с влажной формой ВМД. Еще у 9% больных зафиксирована катарактальная хирургия в анамнезе. В исследуемом пуле пациентов лишь в 4 (2%) случаях имел место установленный диагноз «первичная открытоугольная глаукома» (ПОУГ). Наконец, дегенеративные изменения стекловидного тела присутствовали у 84,5% пациентов с влажной формой ВМД (табл. 2).

Еще одним направлением комплексной оценки было изучение сочетанной соматической патологии, способной как напрямую (через общие звенья патогенеза), так и косвенно повлиять на течение основного заболевания. Наиболее часто в изучаемой группе больных встречалась кардио- и цереброваскулярная патология. Артериальная гипертензия отмечена у 74,5% больных влажной формой ВМД, она статистически значимо чаще встречалась у женщин. Ишемической болезнью сердца страдали более 40% пациентов,

**Таблица 1.** Основные характеристики изучаемой группы (мужчины и женщины)  
**Table 1.** Baseline characteristics of the study population (male vs. female)

Параметры Baseline characteristics	Все пациенты All patients n = 200	Мужчины Male n = 87	Женщины Female n = 113	p
Средний возраст, лет Mean age, years $M \pm m$	$69,8 \pm 6,8$	$68,7 \pm 6,3$	$70,2 \pm 6,5$	0,055
ИМТ, кг/м <sup>2</sup> BMI, kg/m <sup>2</sup> $M \pm m$	$29,46 \pm 4,10$	$28,46 \pm 4,10$	$30,25 \pm 4,10$	0,061
Индекс коморбидности Чарлсона Charlson Comorbidity Index $Me [Q25\%; Q75\%]$	3,3 [2; 4]	3,2 [2; 4]	3,4 [2; 4]	0,080
Среднее количество нозологий на одного больного Average number of diseases per patient $Me [Q25\%; Q75\%]$	4,0 [2; 6]	3,9 [2; 5]	4,1 [2; 6]	0,058
Доля пациентов с полипрагмазией* Proportion of patients with polypragmasia*	16 (8,0%)	7 (8,0%)	9 (7,9%)	0,092

**Примечание.** \* — назначение 5 и более препаратов, p — статистическая значимость.

**Note.** \* — 5 or more drugs, p — statistical significance.

инфаркт миокарда в анамнезе отмечен у 4% из них. Цереброваскулярная патология (церебральный атеросклероз и дисциркуляторная энцефалопатия) наблюдалась в 20,5% случаев, у 2 (1%) пациентов в анамнезе имело место острое нарушение мозгового кровообращения. Распространенность сахарного диабета II типа составила 6,5% (при этом у женщин этот показатель был более чем в 2 раза выше) (табл. 3).

## ОБСУЖДЕНИЕ

На протяжении последнего десятилетия ВМД сохраняет лидирующие позиции среди наиболее распространенных причин слепоты у лиц старше 60 лет, преимущественно в развитых странах [15]. Несмотря на определенные успехи, достигнутые в лечении заболевания, проблема далека от окончательного решения. Очевидно, что для лучшего понимания этиологии и создания возможностей для предотвращения ВМД, необходим анализ факторов риска. Среди наиболее дискутируемых в научной литературе следует отметить демографические факторы (возраст, пол), факторы образа жизни (курение, употребление алкоголя, особенности питания) [16]. Однако уровень доказательной базы и степень ассоциации для многих факторов риска недостаточны либо противоречивы. Будучи возраст-ассоциированной патологией, ВМД коррелирует с рядом других подобных офтальмологических и системных заболеваний (в частности, артериальной гипертензией, дислипидемией, ожирением, цереброваскулярными расстройствами) [17]. Общность некоторых аспектов патогенеза позволяет предполагать системный характер заболевания [11]. Подобная полиморбидность предполагает возможность негативного влияния сопутствующей патологии на течение основного заболевания не только на уровне «болезнь — болезнь», но и «болезнь — лекарство» и «лекарство — лекарство» (когда проводимая терапия коморбидных состояний ухудшает течение и эффективность лечения основного заболевания) [18]. У пожилых людей это накладывается на процессы естественного старения, способные изменять клиническую картину и характер течения возраст-ассоциированных заболеваний [19, 20]. Таким образом, при обследовании пациентов с ВМД очевидна необходимость в комплексной оценке, включающей наряду с офтальмологическим статусом учет системного коморбидного статуса и офтальмогерiatricких изменений. В настоящей работе предпринята попытка такой оценки на этапе манифеста влажной формы ВМД, когда возникает необходимость принятия решений о выборе стратегии дальнейшего лечения и наблюдения.

Средний возраст манифеста влажной формы заболевания в изучаемой группе варьировал в широких пределах (от 60 до 87 лет), составив в среднем  $69,8 \pm 6,8$  года. Высокая

**Таблица 2.** Частота выявления сопутствующих офтальмогерiatricких изменений у пациентов с влажной формой ВМД

**Table 2.** Frequency of associated ophthalmogeriatric changes in patients with wet AMD

Сопутствующие офтальмологические изменения Associated ophthalmic disorders	Все пациенты All patients n = 200	Мужчины Male n = 87	Женщины Female n = 113
Дистрофические изменения конъюнктивы Dystrophic changes in conjunctiva	22 (11,0%)	10 (11,5%)	12 (10,6%)
Старческая дуга роговицы Arcus senilis	69 (34,5%)	35 (40,2%)	34 (30,1%)*
Дистрофические изменения радужки Dystrophic changes of iris	136 (68,0%)	60 (68,9%)	76 (67,3%)
Псевдоэкзофолиативный синдром Pseudoexfoliation syndrome	35 (17,5%)	16 (18,4%)	19 (16,8%)
Старческая катаракта Senile cataract	179 (89,5%)	76 (87,4%)	103 (91,1%)
Артифакция Pseudophakia	18 (9,0%)	7 (8,0%)	11 (9,7%)
Первичная открытоугольная глаукома Primary open angle glaucom	4 (2,0%)	1 (1,1%)	3 (2,7%)
Дегенеративные изменения стекловидного тела Degenerative changes of vitreous body	169 (84,5%)	80 (92,0%)	89 (78,8%)*

**Примечание.** \* — статистически значимые различия между показателями мужчин и женщин ( $p < 0,05$ ).

**Note.** \* — statistically significant differences between men and female parameters ( $p < 0.05$ ).

**Таблица 3.** Распространенность общесоматической патологии у больных влажной формой ВМД

**Table 3.** Prevalence of systemic disorders in patients with wet AMD

Системная патология Systemic disorders	Все пациенты All patients n = 200	Мужчины Male n = 87	Женщины Female n = 113
Артериальная гипертензия Arterial hypertension	149 (74,5%)	62 (71,3%)	87 (77,0%)*
Сахарный диабет Diabetes mellitus	13 (6,5%)	3 (3,4%)	10 (8,8%)*
Ишемическая болезнь сердца Ishemic heart disease	81 (40,5%)	33 (37,9%)	48 (42,5%)
Цереброваскулярные расстройства Cerebrovascular disorders	41 (20,5%)	20 (23,0%)	21 (18,6%)*

**Примечание.** \* — статистически значимые различия между показателями мужчин и женщин ( $p < 0,05$ ).

**Note.** \* — statistically significant differences between men and female parameters ( $p < 0.05$ ).

частота коморбидности была подтверждена показателем ИК Чарлсона, составившим 3,3 [2; 4], что относится к категории высокого риска. Среднее количество нозологий на одного больного также превышало описанные в литературе общепопуляционные показатели для данной возрастной группы (4,0 [2; 6]). Примерно у трети пациентов количество сопутствующих заболеваний составило 3 и более. Наши данные сопоставимы с данными отечественной и зарубежной литературы, свидетельствующими о развитии ВМД у пациентов пожилого возраста на фоне высокой полиморбидности [21].

Ряд исследований свидетельствует о гендерных различиях в частоте и особенностях клинической картины ВМД [22, 23], обосновывая более высокие риски для женщин генетическими аспектами и вкладом гормональной составляющей в некоторые звенья патогенеза ВМД (в частности, окислительный стресс, сосудистая регуляция, процессы воспаления и нейродегенерации) [24]. В рамках нашей работы сегрегация по полу не выявила статистически значимых раз-

личий по большинству изучаемых параметров. К сожалению, из анализа пришлось исключить вопрос об отягощенности семейного анамнеза, поскольку более 80% обследуемых затруднились дать ответ о наличии и характере патологии зрения в предшествующих поколениях.

Важным фактором, способным повлиять на течение ВМД, является наличие полипрагмазии (от прямого действия используемых фармакологических средств до снижения уровня комплаентности). Доля пациентов с полипрагмазией в целом по группе составила 8% с неуклонной тенденцией к повышению с увеличением возраста — до 14,8% у лиц старше 80 лет. Спектр используемых препаратов определялся характером сопутствующей соматической патологии и был представлен преимущественно средствами для коррекции артериальной гипертензии, ишемической болезни сердца, липидного обмена и цереброваскулярных расстройств.

Изучение офтальмологического статуса пациентов с влажной формой ВМД на этапе выявления заболевания выявило широкий спектр офтальмогерiatricких изменений со стороны различных структур глазного яблока. Изменения переднего отрезка характеризовались высокой частотой выявления дистрофических изменений конъюнктивы (пингвекула и птеригиум), роговицы (arcus senilis), радужной оболочки (лакунарный тип, снижение плотности стромы, частичная или полная деструкция пигментной каймы).

В литературе дискутируется вопрос о взаимосвязи ВМД и ПЭС. Последний представляет собой возраст-ассоциированную распространенную патологию экстрацеллюлярного матрикса, сопровождающуюся избыточной продукцией и накоплением патологического внеклеточного материала в различных интра- и экстраокулярных тканях [25]. Синдром возникает преимущественно у лиц старше 50 лет и является одним из ведущих факторов риска развития глаукомы. Его наличие ассоциируется с высокой вероятностью появления других заболеваний глаза (катаракты, дистрофических изменений переднего сегмента, нарушений гематоофтальмического барьера) и системной патологии [26]. Опубликованные к настоящему времени сведения носят противоречивый характер и не дают однозначного ответа о характере ассоциации ПЭС и ВМД [27–29]. Доля лиц с ПЭС в изучаемой популяции пациентов с ВМД составила 17,5% и была сопоставима с опубликованными нами ранее данными, характеризующими общую популяцию в данном возрастном сегменте [30]. Наиболее часто встречающимися сопутствующими изменениями со стороны органа зрения стали дегенеративные изменения стекловидного тела (в виде его деструкции и задней отслойки) — 84,5% и сенильная катаракта различной степени зрелости — более 90% случаев (с учетом ранее выполненной у части больных катарактальной хирургии). Значительное количество публикаций последних лет посвящено взаимосвязи ВМД и ПОУГ [31]. Полученные в данной работе данные (2,0%), сопоставимые с общепопуляционной частотой распространения ПОУГ, не позволяют сделать однозначного вывода о выраженной корреляции этих патологических процессов. Во всех случаях развитие ПОУГ предшествовало появлению клинических проявлений ВМД, что подтверждает тезис о последовательном характере возникновения этих заболеваний [32].

Особый интерес при изучении ВМД традиционно вызывают вопросы коморбидности. Наши исследования продемонстрировали широкий спектр хронической соматической патологии у данной категории пациентов. Наиболее значимым было сочетание ВМД с артериальной гипертензией (74,5% случаев), кардиоваскулярными (40,5%) и цереброваскулярными нарушениями (20,5%), что согласуется с неко-

торыми литературными данными [15]. Сахарный диабет хотя и упоминается в качестве возможного фактора риска влажной формы, однако с большим количеством оговорок [33]. В данной работе распространенность сахарного диабета II типа у пациентов с влажной формой ВМД составила 6,5%. Следует отметить, что распространенность артериальной гипертензии, цереброваскулярных расстройств и сахарного диабета среди женщин была статистически значимо выше ( $p < 0,05$  для всех упомянутых нозологий). ИМТ как интегральный показатель избыточного веса и ожирения также упоминается в качестве фактора риска ВМД [16]. У обследованных нами пациентов ИМТ превышал нормальные значения, составив в среднем  $29,46 \pm 4,1$  кг/м<sup>2</sup>. Доля лиц с избыточной массой тела и ожирением различной степени была выше в старших возрастных группах.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплексная оценка офтальмогерiatricких и общесоматических изменений у пациентов с влажной формой ВМД продемонстрировала широкий спектр коморбидных состояний, способных потенциально оказать влияние на различные звенья патологического процесса, в том числе за счет полипрагмазии. Отсутствие диагностических и терапевтических алгоритмов, позволяющих четко определить коморбидные состояния и заболевания и избежать полипрагмазии, особенно у пациентов пожилого и старческого возраста, обуславливает необходимость дальнейших исследований в данном направлении.

### Литература/References

1. Kirkwood T.B. A systematic look at an old problem. *Nature*. 2008; 451 (7179): 644–7. doi: 10.1038/451644a
2. Steves C.J., Spector T.D., Jackson S.H. Ageing, genes, environment and epigenetics: what twin studies tell us now, and in the future. *Age Ageing*. 2012; 41 (5): 581–6. doi: 10.1093/ageing/afs097
3. Wagner K.-H., Cameron-Smith D., Wessner B., Franzke B. Biomarkers of aging: from function to molecular biology. *Nutrients*. 2016; 8 (6): 338. doi: 10.3390/nu8060338
4. Australian Institute of Health and Welfare (AIHW): Chronic diseases and associated risk factors in Australia. Canberra, ACT; 2006.
5. Hoel R., Connolly R., Takahashi P. Polypharmacy management in older patients. *Mayo Clin. Proc.* 2021; 96 (1): 242–56. doi: 10.1016/j.mayocp.2020.06.012
6. Bourne R., Steinmetz J., Flaxman S., et al. Trends in prevalence of blindness and distance and near vision impairment over 30 years: an analysis for the Global Burden of Disease Study. *The Lancet Global Health*. 2021; 9 (2): e130–e143. doi: 10.1016/S2214-109X(20)30425-3
7. Klein R., Klein B. The prevalence of age-related eye diseases and visual impairment in aging: current estimates. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2013; 54 (14): ORSF5-ORSF13. doi: 10.1167/iovs.13-12789
8. Муц И.В., Дирев А.О., Гусаревич О.Г. и др. Распространенность офтальмологических заболеваний в популяционной выборке старше 50 лет. *Вестник офтальмологии*. 2020; 136 (3): 106–15. [Munz I.V., Direev A.O., Gusarevich O.G., et al. Prevalence of ophthalmic diseases in the population older than 50 years. *Vestnik oftal'mologii*. 2020; 136 (3): 106–15 (in Russian)]. doi: 10.17116/oftalma2020136031106
9. Saldanha I.J., Lindsley K., Do D.V., et al. Comparison of clinical trial and systematic review outcomes for the 4 most prevalent eye diseases. *JAMA Ophthalmol.* 2017; 135 (9): 933–40. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2017.2583
10. Deng Y., Qiao L., Du M. et al. Age-related macular degeneration: epidemiology, genetics, pathophysiology, diagnosis, and targeted therapy. *Genes Dis.* 2021; 9 (1): 62–79. doi: 10.1016/j.gendis.2021.02.009
11. Cheung C., Wong T. Is age-related macular degeneration a manifestation of systemic disease? New prospects for early intervention and treatment. *Journal of Internal Medicine*. 2014; 276 (2): 140–53. doi: 10.1111/joim.12227
12. Министерство здравоохранения Российской Федерации. Клинические рекомендации «Макулярная дегенерация возрастная», 2021. [Ministry of Health of the Russian Federation. Clinical recommendations “Age related macular degeneration”, 2021 (in Russian)]. Available at: [https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/114\\_2](https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/114_2)
13. Age-Related Eye Disease Study Research Group. A randomized, placebo-controlled, clinical trial of high-dose supplementation with vitamins C and E, beta carotene, and zinc for age-related macular degeneration and vision loss:

- AREDS report no. 8. Arch. Ophthalmol. 2001; 119 (10): 1417–36. doi: 10.1001/archophth.119.10.1417
14. *Charlson M., Szatrowski T.P., Peterson J., Gold J.* Validation of a combined comorbidity index. J. Clin. Epidemiol. 1994; 47 (11): 1245–51. doi: 10.1016/0895-4356(94)90129-5
  15. *Wang Y., Zhong Y., Zhang, et al.* Global incidence, progression, and risk factors of age-related macular degeneration and projection of disease statistics in 30 years: a modeling study. Gerontology. 2021; 1–15. doi: 10.1159/000518822
  16. *Chakravarthy U., Wong T.Y., Fletcher A., et al.* Clinical risk factors for age-related macular degeneration: a systematic review and meta-analysis. BMC Ophthalmol. 2010; 10: 31. doi: 10.1186/1471-2415-10-31
  17. *Lambert N., El-Shelmani H., Singh M., et al.* Risk factors and biomarkers of age-related macular degeneration. Prog. Retin. Eye Res. 2016; 54: 64–102. doi: 10.1016/j.preteyeres.2016.04.003
  18. *Fabrizi E., Zoli M., Gonzalez-Freire M., et al.* Aging and multimorbidity: new tasks, priorities, and frontiers for integrated gerontological and clinical research. J. Am. Med. Dir. Assoc. 2015; 16 (8): 640–7. doi: 10.1016/j.jamda.2015.03.013
  19. *Grossniklaus H., Nickerson J., Edelhauser H., Bergman L., Berglin L.* Anatomic alterations in aging and age-related diseases of the eye. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 2013; 54 (14): ORSF23-7. doi: 10.1167/jovs.13-12711
  20. *Верткин А.Л., Румянцев М.А., Скотников А.С.* Коморбидность. Клиническая медицина. 2012; 90 (10): 4–11 [Vortkin A.L., Rumyantsev M.A., Skotnikov A.S. Comorbidity. Klinicheskaya meditsina. 2012; 90 (10): 4–11 (in Russian)].
  21. *Коняев Д.А.* Полиморбидный и офтальмологический статус пациентов с возрастной макулярной дегенерацией среднего и пожилого возраста. Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2020; 3: 428–41. [Konyaev D.A. Polymorbid and ophthalmological status of middle-aged and elderly patients with age-related macular degeneration. Sovremennye problemy zdavoohraneniya i medicinskoj statistiki. 2020; 3: 428–41 (in Russian)]. doi: 10.24411/2312-2935-2020-00084
  22. *Smith W., Mitchell P., Wang J.J.* Gender, oestrogen, hormone replacement and age-related macular degeneration: results from the Blue Mountains Eye Study. Aust. N. Z. J. Ophthalmol. 1997; 25 Suppl 1: S13–5. doi: 10.1111/j.1442-9071.1997.tb01745.x
  23. *Rudnicka A.R., Jarrar Z., Wormald R., et al.* Age and gender variations in age-related macular degeneration prevalence in populations of European ancestry: a meta-analysis. Ophthalmology. 2012; 119 (3): 571–80. doi: 10.1016/j.ophtha.2011.09.027
  24. *Zetterberg M.* Age-related eye disease and gender. Maturitas. 2016; 83: 19–26. doi: 10.1016/j.maturitas.2015.10.005
  25. *Ritch R., Schlötzer-Schrehardt U.* Exfoliation syndrome. Surv. Ophthalmol. 2001; 45 (4): 265–315. doi: 10.1016/s0039-6257(00)00196-x
  26. *Scharfenberg E., Rauscher F.G., Meier P., Hasenclever D.* Pseudoexfoliation syndrome: analysis of systemic comorbidities of 325 PEX-positive patients compared with 911 PEX-negative patients. Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol. 2019; 257 (11): 2471–80. doi: 10.1007/s00417-019-04438-4
  27. *Zengin M.O., Karti O., Karahan E., Kusbeci T.* An evaluation of the relationship between clinically unilateral pseudoexfoliation syndrome and age-related macular degeneration. Ophthalmic Surg. Lasers Imaging Retina. 2018; 49 (1): 12–9. doi: 10.3928/23258160-20171215-02
  28. *Kozobolis V.P., Detorakis E.T., Tsilimbaris M.K., et al.* Correlation between age-related macular degeneration and pseudoexfoliation syndrome in the population of Crete (Greece). Arch. Ophthalmol. 1999; 117 (5): 664–9. doi: 10.1001/archophth.117.5.664
  29. *Потемкин В.В., Астахов С.Ю., Сляюань В. и др.* К вопросу о непосредственной связи между двумя ассоциированными с возрастом заболеваниями: псевдоэкзофолиативным синдромом и возрастной макулярной дегенерацией. Успехи геронтологии. 2021; 34 (2): 258–63. [Potemkin V.V., Astakhov S.Yu., Xiaoyuan Wang, et al. The influence of pseudoexfoliation syndrome on central retina in elderly patients. Uspеhi gerontologii. 2021; 34 (2): 258–63 (in Russian)]. doi: 10.34922/AE.2021.34.2.011
  30. *Баранов В.И., Брежнев А.Ю.* Псевдоэкзофолиативный синдром в Центральной России: клинико-эпидемиологическое исследование. Российский офтальмологический журнал. 2012; 5 (1): 22–4. [Baranov V.I., Brezhnev A.Yu. Pseudoexfoliation syndrome in Central Russia: a clinical and epidemiological study. Russian ophthalmological journal. 2012; 5 (1): 22–4 (in Russian)].
  31. *Hu C.C., Ho J.D., Lin H.C., Kao L.T.* Association between open-angle glaucoma and neovascular age-related macular degeneration: a case-control study. Eye (Lond). 2017; 31 (6): 872–7. doi: 10.1038/eye.2016.325
  32. *Авдеев Р.В., Александров А.С., Басинский А.С. и др.* Многоцентровое исследование по определению структурно-функционального статуса зрительного анализатора при одновременном наличии в глазу глаукомы и возрастной макулодистрофии с выявлением их корреляционных связей и степени взаимного влияния. Офтальмология. Восточная Европа. 2013; 4 (19): 15–25. [Avdeev R.V., Alexandrov A.S., Basinsky A.S., et al. Multicentre study of morphofunctional status of visual analyzer in simultaneous presence in eye glaucoma and age-related macular degeneration with determination of correlations and connections. Ophthalmology. Eastern Europe. 2013; 4 (19): 15–25 (in Russian)].
  33. *Chen X., Rong S.S., Xu Q., et al.* Diabetes mellitus and risk of age-related macular degeneration: a systematic review and meta-analysis. PLoS One. 2014; 9 (9): e108196. doi: 10.1371/journal.pone.0108196

**Вклад авторов в работу:** А.Ю. Брежнев — разработка концепции и дизайна исследования, написание и редактирование статьи; Е.А. Андросова — сбор, статистическая обработка данных и их интерпретация, написание текста статьи; В.И. Баранов — редактирование статьи.  
**Authors' contribution:** A.Yu. Brezhnev — concept and design of the research, article writing and editing; E.A. Androsova — data collection, processing and interpretation, writing of the article; V.I. Baranov — editing of the article.

Поступила: 17.02.2022. Переработана: 11.04.2022. Принята к печати: 12.04.2022  
 Originally received: 17.02.2022. Final revision: 11.04.2022. Accepted: 12.04.2022

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. К. Маркса, д. 3, Курск, 305041, Россия

**Андрей Юрьевич Брежнев** — канд. мед. наук, доцент кафедры офтальмологии

**Елена Александровна Андросова** — аспирант кафедры офтальмологии

**Валерий Иванович Баранов** — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой офтальмологии

**Для контактов:** Андрей Юрьевич Брежнев,  
 drbrezhnev@hotmail.com

Kursk State Medical University, 3, Karl Marx st., Kursk, 305041, Russia

**Andrey Yu. Brezhnev** — Cand. of Med. Sci, associate prof., chair of ophthalmology

**Elena A. Androsova** — PhD student, chair of ophthalmology

**Valery I. Baranov** — Dr. of Med. Sci., professor, head of chair of ophthalmology

**Contact information:** Andrey Y. Brezhnev,  
 drbrezhnev@hotmail.com



<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-44-48>

# Повреждения органа зрения при криминальной травме

Т.В. Гаврилова<sup>1, 2</sup> ✉, Н.А. Собянин<sup>2</sup>, А.В. Патрушев<sup>1</sup>, М.В. Черешнева<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера» Минздрава России, ул. Петропавловская, д. 26, Пермь, 614990, Россия

<sup>2</sup> ГБУЗ ПК «ГКБ № 2 им. Ф.Х. Граля», ул. Плеханова, д. 36А, Пермь, 614068, Россия

<sup>3</sup> ФГБУН «Институт иммунологии и физиологии УрО РАН», ул. Первомайская, д. 106, Екатеринбург, 620041, Россия

**Цель работы** — анализ повреждений органа зрения при криминальной травме у пострадавших, обратившихся в кабинет неотложной офтальмологической помощи в г. Пермь. **Материал и методы.** Проведен ретроспективный анализ данных журналов обращаемости кабинета неотложной офтальмологической помощи и историй болезни офтальмологического отделения ГКБ № 2 им. доктора Ф.Х. Граля г. Пермь за 2018–2020 гг. **Результаты.** Установлено, что среди 30 428 случаев бытовых травм 847 (2,8%) получено при криминальных обстоятельствах. Пострадавшие преимущественно мужского пола (77,6%), трудоспособного возраста (93,7%), доставлены машиной скорой помощи в 51,6% случаев. Подавляющее большинство лиц обратились за помощью в первые сутки (90%). Травма наносилась как неизвестными лицами (59,5%), так и знакомыми. Травмировано 1257 глаз. Преобладали контузии — 46,9%, из повреждающих факторов чаще был удар кулаком — 79,6%. Чаще встречались сочетанные повреждения глазного яблока и придаточного аппарата — 72,6%. Острота зрения ниже 0,1 была в 5,6% случаев, 0,1–0,6 — в 57,6%, 0,7–1,0 — в 36,8%. Ожоги глаз составили 45,9%: преимущественно химические — 99,5% и в основном ирритантами газового баллончика — 97,9%. Острота зрения при ожогах ниже 0,1 была в 1,4% случаев, 0,1–0,6 — в 62,6%, 0,7–0,8 — в 36%. Ранения органа зрения составили 7,2%, из повреждающих факторов — пуля из пистолета, стекло, металлические предметы, наблюдались ранения век и глазного яблока. Большинство травм носили легкий характер (91,3%). В госпитализации в офтальмологический стационар нуждались 5,83% пострадавших. **Заключение.** Травма органа зрения, тем более криминального характера, является социальной проблемой, а проведение ее анализа остается актуальным. Полученные данные диктуют необходимость повышения общей культуры населения, улучшения санитарно-просветительской работы, оптимизации медицинской помощи пострадавшим.

**Ключевые слова:** криминальная травма глаза; контузии; ожоги; ранения; неотложная офтальмологическая помощь

**Конфликт интересов:** отсутствует.

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

**Для цитирования:** Гаврилова Т.В., Собянин Н.А., Патрушев А.В., Черешнева М.В. Повреждения органа зрения при криминальной травме. Российский офтальмологический журнал. 2022; 15 (2) (Приложение): 44–8. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-44-48>

## Ocular damages inflicted by criminal injuries

Tatiana V. Gavrilova<sup>1,2</sup> ✉, Nikolai A. Sobyenin<sup>2</sup>, Andrey V. Patrushev<sup>1</sup>, Margarita V. Cheresheva<sup>3</sup>

<sup>1</sup> E.A. Vagner Perm State Medical University, 26, Petropavlovskaya St., Perm, 614990, Russia

<sup>2</sup> City Clinical Hospital No. 2 named after Dr. F.H. Gral, 36A, Plekhanova St., Perm, 614068, Russia

<sup>3</sup> Institute of Immunology and Physiology, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, 106, Pervomayskaya St., Ekaterinburg, 620041, Russia

[gavrilova.tv@mail.ru](mailto:gavrilova.tv@mail.ru)

**Purpose:** to analyze eyeball and appendage damages inflicted by criminal injuries of patients who sought assistance by the emergency ophthalmological care unit in Perm. **Materials and methods.** The data of the patients' register and medical histories of the ophthalmological department of the State Clinical Hospital No. 2 named after Dr. F. H. Gral of Perm for 2018–2020 were retrospectively analyzed. **Results.**

*Out of 30428 cases of domestic injuries, 847 (2.8%) were received under criminal circumstances. The victims, predominantly male (77.6%), and of working age (93.7%), were delivered by ambulance in 51.6% of cases. The majority of people sought assistance within 24 hours (90%). The injuries were inflicted by strangers (59.5%) or acquaintances of the patients. 1257 eyes were injured. The prevailing conditions were contusions (46.9%), while the most common traumatizing factor was first punch (79.6%). Combined damages to the eyeball and appendage were more common, claiming 72.6%. Visual acuity fell below 0.1 in 5.6% of cases, 0.1–0.6 in 57.6%, 0.7–1.0 in 36.8% of cases. 45.9% of all cases were represented by eye burns: mainly they were chemical burns (99.5%) of which the overwhelming type was burns caused by gas spray irritants (97.9%). In burn cases, visual acuity was below 0.1 in 1.4% of cases, 0.1–0.6 in 62.6%, 0.7–0.8 in 36% of cases. The wounds inflicted to the eye amounted to 7.2%, the damaging factors being handgun bullet, glass, metallic objects. Injuries of the eyelids and the eyeball were observed. Most of the injuries were mild (91.3%). 5.83% of the victims needed hospitalization in an ophthalmological in-patient facility. **Conclusion.** The eye trauma, especially one of a criminal nature, is a social problem, and its analysis is highly relevant. The data obtained illustrates the need to increase the general culture of the population, to improve sanitary and educational work, and optimize medical care for those suffered.*

**Keywords:** criminal eye injury; contusions; burns; wounds; emergency ophthalmological care

**Conflict of interests:** there is no conflict of interests.

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

**For citation:** Gavrilova T.V., Sobianin N.A., Patrushev A.V., Cheresheva M.V. Ocular damages inflicted by criminal injuries. Russian ophthalmological journal. 2022; 15 (2) (supplement): 44-8 (In Russian). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-44-48>

Травма органа зрения — одна из основных причин монокулярной слепоты в мире. В России глазной травматизм остается на высоком уровне, составляя 1145 случаев на 100 тыс. взрослого населения [1]. Данная патология имеет большое медико-социальное значение в связи с преобладанием глазных травм у лиц трудоспособного возраста [1, 2]. В настоящее время ведущие места в структуре травм глаза занимает бытовой, уличный и криминальный офтальмотравматизм, а производственный и сельскохозяйственный уходит на задний план [2]. Профилактика и лечение глазного травматизма составляют не только медицинскую, но и общую социальную и междисциплинарную проблему [3].

Рост преступности в стране, свободная продажа газового оружия и различных пиротехнических устройств повышают актуальность проблемы криминально-бытовых травм органа зрения. По данным отчетов Главного управления МВД по Пермскому краю, уровень преступности в регионе на 100 тыс. населения за исследуемый период был следующим: в 2018 г. — 1609, в 2019 г. — 1645, в 2020 г. — 1520 [4]. Некоторое снижение, отмеченное в 2020 г., можно объяснить введением ограничительных мер в связи с эпидемиологической ситуацией в стране.

Криминальная травма — травма, связанная с преступлением, что соответствует определению, представленному С.И. Ожеговым в «Словаре русского языка» [5]. Получить ее может как сам преступник, так и участники этого происшествия, лица, пытавшиеся помешать совершению преступления, а также случайные люди. Криминальные травмы сотрудников охраны, УВД, а также других лиц, полученные ими при выполнении своих служебных обязанностей, юридически относят к производственным. Во всех остальных случаях криминальная травма является бытовой [1].

В соответствии с приказом Минздрава Пермского края от 22.07.2015 СЭД 34-01-06-583 экстренная глазная помощь населению г. Перми осуществляется в кабинете неотложной офтальмологической помощи ГБУЗ «Городская клиническая больница № 2 им. доктора Ф.Х. Граля», основной задачей которого является круглосуточное оказание специализированной ургентной офтальмологической помощи. Главными принципами, которыми руководствуются сотрудники кабинета, являются минимум затрат времени для обеспечения пострадавшего неотложной помощью с использованием современного диагностического оборудования и наличие специалистов — офтальмологов высокой квалификации. Улучшить обслуживание боль-

ных помогает периодически проводимый анализ работы кабинета [6–8].

**ЦЕЛЬ** работы — анализ повреждений органа зрения при криминальной травме у пострадавших, обратившихся в кабинет неотложной офтальмологической помощи ГКБ № 2 им. доктора Ф.Х. Граля г. Перми.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Ретроспективный анализ проводился по данным журналов обращаемости кабинета неотложной офтальмологической помощи и историй болезни офтальмологического отделения ГКБ № 2 им. доктора Ф.Х. Граля г. Перми за 3 календарных года (2018–2020 гг.). Обо всех случаях противоправной травмы сообщали в дежурную часть ОВД г. Перми.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

За исследуемый период в кабинете неотложной помощи зарегистрировано 63 975 обращений, в том числе взрослых — 56 071 (87,6%), детей — 7904 (12,4%). С травмой органа зрения обратились 30 529 (47,7%) взрослых людей; в подавляющем большинстве травмы были бытовые — 30 428 (99,7%), производственных было 101 (0,3%). Среди взрослых, получивших бытовые травмы, были выделены те, кто получил повреждение на транспорте — 24 (0,08%), при занятии спортом — 48 (0,16%) и при криминальных обстоятельствах — 847 (2,8%). Бытовых криминальных травм в 2018 г. было 2,7% (267 из 9931), в 2019 г. — 3,3% (339 из 10 327), в 2020 г. — 2,4% (241 из 10 170).

Среди пострадавших, получивших криминальную травму за эти 3 года, было 657 (77,6%) мужчин, из них в возрасте 18–39 лет — 428 (65,1%), 40–59 лет — 198 (30,1%), 60–80 лет — 31 (4,8%). Женщин было 190 (22,4%), из них в возрасте 18–39 лет — 116 (61%), 40–59 лет — 52 (27,4%), 60–80 лет — 22 (11,6%). Официально работали 483 (57%) человека, не работали — 274 (32,3%), пенсионеров было 53 (6,3%), студентов — 32 (3,8%), инвалидов — 5 (0,6%): I группы — 1, II и III группы — по 2 человека. Жителями г. Перми были 778 человек, Пермского края — 65; приезжими из других регионов России — 3; у одного пострадавшего мужчины выяснить место жительства не удалось по причине сильного алкогольного опьянения. В зимние месяцы травму получили 23% обратившихся, в весенние — 27%, в летние — 20%, в осенние — 30%. Самостоятельно в кабинет неотложной помощи обратились 48,4% пострадавших, доставлены скорой помощью — 51,6%. Состояние явного

алкогольного опьянения (запах алкоголя, шаткая походка и др.) отмечено дежурными врачами у 71 (8,4%) пострадавшего. В течение 1-х суток от момента получения травмы обратилось 763 (90%) человека, из них мужчин — 601 (78,8%), женщин — 162 (21,2%): в течение 1-го часа — 252 (33%) человека, в интервале от 1 до 6 ч — 327 (42,9%), от 7 до 24 ч — 184 (24,1%). На 2-е сутки обратились 26 (3,1%) человек, на 3-и — 14 (1,7%), на 4-е — 23 (2,7%), на 5-е — 6 (0,7%), на 6, 7, 8-е — по 4 (по 0,5%), на 9-е — 2 (0,2%), на 10-е — 1 (0,1%) человек. Чаще всего (59,5%) травмы происходили в результате избиения неизвестными лицами. В остальных 343 (40,5%) случаях травмы нанесли знакомые, соседи, друзья (48,4%), родственники — муж, жена, отец, сын, брат (23%), охранники баров, клубов, магазинов, аптек, банков (18,4%), водители такси (6,1%), сослуживцы — начальник, коллеги (4,1%). Чаще травмы были получены в нерабочее время: с 18 до 8 ч утра (75,7%), когда плановая медицинская помощь уже недоступна.

Криминальная травма имела место на 1257 глазах, т. е. у 390 человек (46%) повреждения были двусторонними. По виду травм преобладали контузии (46,9%) и ожоги (45,9%) глаз, реже встречались ранения глаза (7,2%).

*Контузионные* повреждения диагностированы у 397 (46,9%) пострадавших на 452 (36%) глазах, при этом у 55 (13,9%) человек травма была двусторонней. Повреждающие факторы установлены в 445 (98,5%) случаях. Чаще удары наносились кулаками (354 глаза) и ногами (84 глаза), реже — граненым стаканом (2 глаза), гаечным ключом, табуреткой, битой, стеклянной бутылкой, свинцовой пулей из пневматического пистолета (по одному глазу). Повреждения глазного яблока были в 368 (81,4%) случаях, при этом только глазного яблока — в 101 (27,4%) случае: I степени тяжести — 90 глаз, II — 8 глаз, III — 3 глаза; глазного яблока и придаточного аппарата — в 267 (72,6%) случаях: I степени тяжести — 249 глаз, II — 13 глаз, III — 5 глаз. Изолированные контузии придаточного аппарата имели место в 84 (18,6%) случаях, все они были легкой степени. Определить остроту зрения удалось на 443 (98%) глазах: 0 (ноль) — в 1,1% случаев, светоощущение с неправильной проекцией света — в 0,7%, с правильной проекцией света — в 1,1%, 0,01–0,05 — в 1,8%, 0,06–0,09 — в 0,9%, 0,1–0,3 — в 30,7%, 0,4–0,6 — в 26,9%, 0,7–0,8 — в 11,3%, 0,9–1,0 — в 25,5% случаев; не удалось определить на 9 (2%) глазах из-за сильного алкогольного опьянения травмированных.

*Ожоги* имели место у 389 (45,9%) человек на 744 (59,2%) глазах, при этом у 355 (89,9%) пострадавших они носили двусторонний характер. Термические ожоги глазного яблока были в 4 (0,5%) случаях, из них только конъюнктивы — на одном глазу, роговицы и конъюнктивы — на 3 глазах. Повреждающим фактором в 2 случаях стал кипяток и в 2 — горячее масло. Химические ожоги глазного яблока имели место в 740 (99,5%) случаях, из них только конъюнктивы — на 543 (73,4%) глазах: I степени тяжести — на 541 (99,6%), II — на 2 (0,4%); роговицы и конъюнктивы — на 197 (26,6%) глазах: I степени тяжести — на 183 (92,9%), II — на 14 (7,1%). Повреждающие факторы были известны в 724 (97,3%) случаях: воздействие ирритантов газового баллончика — в 709 (97,9%) случаях, водки — в 12 (1,7%), уксусной кислоты — в 2 (0,3%), хлорки — в одном (0,1%) случае. Определить остроту зрения удалось в 660 (88,7%) случаях: 0 (ноль) — в 0,2%, 0,01–0,05 — в 1%, 0,06–0,09 — в 0,2%, 0,1–0,3 — в 40,1%, 0,4–0,6 — в 22,5%, 0,7–0,8 — в 16,4%, 0,9–1,0 — в 19,6% случаях, не удалось проверить в 84 (11,3%) случаях из-за сильного алкогольного опьянения, агрессивного и неадекватного поведения или отказа пациентов.

*С ранениями* органа зрения за помощью обратился 61 (7,2%) человек, все они были избиты, все травмы были односторонние, пострадал 61 (4,8%) глаз. Повреждающий фактор установлен только в 6 случаях: пуля из пневматического пистолета, разбитые стакан и бутылка, металлическая труба и дважды ключи. Повреждения век были у 57 пострадавших: ранения век нескованные в 32 случаях, сквозные — в 18, отрыв нижнего века с повреждением слезного канальца — в 5, отрыв нижнего века у наружного угла глаза — в 2 случаях. Ранения глазного яблока были в 4 случаях: проникающие роговично-склеральные ранения — на 3 глазах, сквозное ранение склеры — на одном. Определить остроту зрения удалось в 51 (84%) случае: 0 (ноль) — в 3,9%, светоощущение с неправильной проекцией света — в 2%, с правильной проекцией света — в 2%, 0,1–0,3 — в 31,4%, 0,4–0,6 — в 27,5%, 0,7–0,8 — в 11,7%, 0,9–1,0 — в 21,5% случаев; не удалось проверить на 10 (16%) глазах из-за сильного алкогольного опьянения.

*В стационарном лечении* нуждались 49 (5,8%) пациентов, однако стоит отметить, что 24 пациента отказались от предложенной госпитализации. Это были пациенты с травмами II степени тяжести (с контузиями — 14 человек и химическими ожогами — 10). Госпитализированы в стационар 25 (3%) человек.

*С контузией* органа зрения госпитализированы 13 (52%) пострадавших, повреждено 15 глаз, при этом у двух человек травма была двусторонней. Контузии III степени тяжести были на 8 глазах, II — на 6, I — на одном глазу. При поступлении наблюдались следующие патологические изменения: гематома век — на 11 глазах, гипосфагма — на 9, гифема — на 7, эрозия роговицы — на 2, подвывих интраокулярной линзы — на 2, ретробульбарная гематома — на 2, перелом нижней стенки орбиты — на 2, вывих или подвывих хрусталика — на 2, вывих интраокулярной линзы — на одном, оптическая нейропатия — на одном глазу. В процессе обследования в условиях стационара гематофталм диагностирован на 6 глазах: тотальный — на 2, частичный — на 4; тракционная тотальная отслойка сетчатки — на одном глазу. Кроме того, субконъюнктивальный разрыв склеры имел место на 3 глазах, расхождение послеоперационного рубца роговицы — на 2 и разрыв роговицы по кератотомическим рубцам с выпадением оболочек — на одном глазу, а по данным ряда авторов, в том числе и нашего коллектива, проведенная ранее радиальная кератотомия значительно утяжеляет течение контузии [9, 10]. В перечисленных выше случаях была произведена первичная хирургическая обработка (ПХО). При выписке из стационара гематомы век уменьшились на 8 глазах, рассосались на 3, сохранялись: гипосфагма — на одном глазу, эрозия — на одном, гифема — на 4; отек эпителия в области роговичных швов имел место на 3 глазах, сохранялись аниридия, вывих и подвывих хрусталиков и интраокулярных линз, оптическая нейропатия, перелом нижней стенки орбиты, уменьшилась ретробульбарная гематома на 2 глазах. Острота зрения у лиц с контузией глазных яблок III степени тяжести не изменилась — светоощущение с неправильной проекцией света на 4 глазах, 0,001 и 0,05 — на 2, улучшилась на 0,03 и 0,09 на 2 глазах. У лиц с контузией II степени острота зрения улучшилась на 0,1–0,3 — на 4 глазах, на 0,6–0,7 — на 2, с контузией I степени — на 0,2 на одном глазу.

*С ожогами* глазного яблока госпитализированы 4 (16%) пострадавших. Ожоги носили односторонний характер у 3 человек, двусторонний — у одного. Повреждающими факторами были перцовый баллончик в 3 случаях и водка — в одном. Ожог I степени конъюнктивы был на 4 глазах и роговицы — на одном глазу, II степени — конъюнктивы на

одном глазу и роговицы — на 4. При поступлении в стационар имели место следующие патологические изменения: со стороны конъюнктивы — гиперемия на 4 глазах, отек — на 2, очаги некроза — на одном глазу; со стороны роговицы — поверхностное помутнение на 3 глазах, отек эпителия — на 2, эрозия — на 4 глазах. При выписке из стационара сохранялись незначительный эрозивный дефект роговицы — на 2 глазах, легкое ее помутнение — на одном. Отмечалось повышение остроты зрения на всех травмированных глазах: на 0,3 — на 3 глазах, на 0,6 и 0,7 — на 2.

С ранениями органа зрения госпитализированы 8 (32%) пострадавших. Со сквозным ранением нижнего века и отрывом его от внутренней связки с повреждением нижнего слезного канальца были госпитализированы 3 человека, им была проведена ПХО ран с восстановлением проходимости слезного канальца; со сквозным ранением верхнего века — один человек, ему также была проведена ПХО раны. Зрительные функции у этих пациентов не пострадали. С проникающими роговично-склеральными ранениями и частичным опорожнением глазных яблок госпитализированы 3 человека. Имели место следующие патологические изменения: выраженная смешанная инъекция глазных яблок, проникающая роговично-склеральная рана длиной 13, 10 и 9 мм, выпадение внутренних оболочек, тотальная гифема. Острота зрения была соответственно 0 (ноль) на 2 глазах и светоощущение с неправильной проекцией света на одном глазу. Выполнена ПХО роговично-склеральных ранений. При выписке из стационара во всех случаях глаза были гипотоничны, смешанная инъекция глазного яблока уменьшилась, сформировалась гематокорнеа, швы на роговице чистые, состоятельные, глазное дно не просматривалось; на 2 глазах в процессе лечения выявлен тотальный гемофтальм и раневая отслойка сетчатки. Острота зрения оставалась без динамики. Со сквозным ранением глазного яблока поступил один пациент через 4 ч после травмы: из-за конфликта с мужчиной получил выстрел из травматического пистолета. Со стороны глаза имели место смешанная инъекция, на склере на 3 ч — округлая рана диаметром 5 мм с выпадением оболочек, тотальная гифема, гипотония. На рентгенограмме орбиты за глазом определялось инородное тело металлической плотности диаметром 4,35 мм. Острота зрения — 0 (ноль). Была выполнена ПХО в зоне входного отверстия. При выписке из стационара острота зрения прежняя, сохранялась гипотония, уменьшилась смешанная инъекция глазного яблока, швы чистые, состоятельные, передняя камера неравномерная, гифема в стадии рассасывания, тотальный гемофтальм (по данным В-скана).

## ОБСУЖДЕНИЕ

Благодаря периодически проводимому анализу оказания экстренной офтальмологической помощи пострадавшим в г. Перми известно, что за трехлетний период: 1996–1998 гг. — количество криминальных травм составило 3,3% от всех травм пациентов, обратившихся по поводу глазной травмы; при этом контузии были в 81% случаев, ожоги — в 15%, ранения — в 4%. Следующий анализ за 3 года (2001–2003 гг.) выявил рост криминальных травм до 8%, изменилось и распределение по виду травмы: ранения — 49%, контузии — 44%, ожоги — 7%. Результаты настоящего исследования показали, что количество криминальных травм в последние 3 года (2018–2020 гг.) составило 2,8%, в то время как в соседнем регионе — Удмуртии, по данным республиканской офтальмологической больницы, в 2008 г. — 3,48% [11]. В настоящее время количество ранений глаза и его придатков значительно уменьшилось (7,2%); намного

больше, чем в предыдущие годы, стало химических ожогов глаз (45,9%), а также в сравнении с данными 2008 г. из Удмуртской Республики — 10,9% [11]. Вероятнее всего, это связано с более широким распространением газовых баллончиков, которые используются как для защиты, так и в целях преступной деятельности. В России эти баллончики не требуют специальных разрешений и доступны для покупки всем гражданам в возрасте от 18 лет. Преимущественно легкую степень поражения (97,8%) при ожоге газовым баллончиком можно объяснить тем, что фирмы-производители гарантируют безопасность применения баллончиков с расстояния не менее метра [12]. Число контузий за последние 15 лет остается примерно на том же уровне (46,9%), преимущественно легкой степени, самой частой причиной по-прежнему является удар по глазу кулаком (79,6%). Подавляющее большинство травмированных лиц обратились за помощью в первые сутки (90%), что несколько больше, чем в Удмуртской Республике (72,2%) [11]. Пострадавшие были преимущественно мужского пола (77,6%), трудоспособного возраста (93,7%), что совпало с нашими данными за 2010 г. [6]. Не выявлена зависимость частоты получения травмы от времени года, она колебалась в пределах 20–29% в сезон.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поскольку травма органа зрения, тем более криминального характера, является социальной проблемой, проведение ее анализа по-прежнему остается актуальным. Полученные данные диктуют необходимость оптимизации медицинской помощи населению. Поскольку большинство травм носило легкий характер (91,3%), а средней (7,3%) и тяжелой (1,4%) степени травм было значительно меньше, а 51,6% пострадавших в кабинет неотложной офтальмологической помощи были доставлены машиной скорой помощи, встает вопрос о рациональном использовании этого вида транспорта в подобных ситуациях, особенно в условиях пандемии инфекции COVID-19. Важным также является проведение санитарно-просветительской работы среди населения, а с учетом того факта, что в значительном числе случаев травмы пострадавшим наносились родственниками или знакомыми лицами (71,4%), необходимо и повышение общей культуры населения.

## Литература/References

1. Гундорова Р.А., Степанов А.В., Курбанова Н.Ф. Современная офтальмотравматология. Москва: Медицина; 2007. [Gundorova R.A., Stepanov A.V., Kurbanova N.F. Modern ocular traumatology. Moscow: Meditsina; 2007 (in Russian).]
2. Петраевский А.В., Гндоян И.А., Тришкин К.С., Виноградов А.Р. Глазной травматизм в Российской Федерации. Вестник офтальмологии. 2018; 134 (4): 80–3. [Petraevskiy A.V., Gndoyan I.A., Trishkin K.S., Vinogradov A.R. Ocular traumatism in Russian Federation. Vestnik oftal'mologii. 2018; 134 (4): 80–3 (in Russian.)]. doi:10.17116/oftalma201813404180
3. Нероев В.В., Гундорова Р.А., Алексеева И.Б., Галчин А.А., Романова И.Ю. Основы реанимации глаза при его тяжелой травме на современном этапе. Вестник офтальмологии. 2010; 126 (4): 52–6. [Neroev V.V., Gundorova R.A., Alekseeva I.B., Galchin A.A., Romanova I.Yu. Bases for resuscitation of the eye in its severe injury at the present stage. Vestnik oftal'mologii. 2010; 126 (4): 52–6 (in Russian).]
4. Показатели деятельности ГУ МВД России. [Indices of the activity of GU of MVD of Russia (in Russian)] Available at: [https://59.мвд.рф/slujba/Vzaimodejstvie\\_s\\_organami/pokazateli-deyatelnosti-gu-mvd-rossii-po](https://59.мвд.рф/slujba/Vzaimodejstvie_s_organami/pokazateli-deyatelnosti-gu-mvd-rossii-po)
5. Ожегов С.И. Словарь русского языка. Москва: Русский язык; 1991. [Ozhegov S.I. Dictionary of Russian language. Moscow: Russkiy yazyk; 1991 (in Russian).]
6. Гаврилова Т.В., Усова В.В., Черешнева М.В., Собынин Н.А. Клинико-эпидемиологическая характеристика ранений глаза в г. Перми. Пермский медицинский журнал. 2010; 6: 111–5. [Gavrilova T.V., Usova V.V., Cheresheva M.V., Sobyenin N.A. Permskiy meditsinskiy zhurnal. 2010; 6: 111–5 (in Russian).]



7. Гаврилова Т.В., Черешнева М.В., Шабалин К.А., Собянин Н.А. Анализ обращаемости пациентов с синдромом «красного глаза» в пункт неотложной офтальмологической помощи г. Перми. Отражение. 2016; 3: 24–6. [Gavrilova T.V., Cheresheva M.V., Shabalin K.A., Sobyenin N.A. Analysis of visits caused by diseases with “red eye” syndrome to ophthalmic emergency department on Perm city. Otrazhenie. 2016; 3: 24–6 (in Russian)].
8. Орлова Н.А., Гаврилова Т.В., Собянин Н.А. Характеристика травм органа зрения экстренно госпитализированных взрослых лиц Пермского края. The EYE ГЛАЗ. 2020; 22 (3 (131)): 19–22. [Orlova N.A., Gavrilova T.V., Sobyenin N.A. Characteristics of eye injuries in urgently hospitalized adults in the Perm region. The EYE GLAZ. 2020; 22 (3 (131)): 19–22 (in Russian)]. doi:10.33791/2222-4408-2020-3-19-22
9. Красюк Е.Ю., Акулов С.И., Левшин С.И. Контузионные разрывы кератотомических рубцов. Вестник Тамбовского университета. Серия: естественные и технические науки. 2016; 21 (4): 1587–90. [Krasnyuk E.Yu., Akulov S.I., Levshin S.I. Contusion ruptures of keratotomy scars. Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: estestvennye i tekhnicheskie nauki. 2016; 21 (4): 1587–90 (in Russian)]. doi:10.20310/1810-0198-2016-21-4-1587-1590
10. Собянин Н.А., Аршина Ю.А., Петропавловская Л.Г., Гаврилова Т.В. Анализ структуры и исходов травм на ранее оперированных глазах. The EYE ГЛАЗ. 2021; 23 (1): 23–7. [Sobyenin N.A., Arshina Y.A., Petropavlovskaya L.G., Gavrilova T.V. Breakdown of injuries and their consequences in previously operated eyes. The EYE GLAZ. 2021; 23 (1): 23–7 (in Russian)]. doi:10.33791/2222-4408-2021-1-23-27
11. Зайцев А.Л., Шкляева С.Е., Зенин А.А. и др. Организация учета и изучение повреждений органа зрения насильственного характера в Удмуртской Республике. Проблемы экспертизы в медицине. 2010; 10 (1–2): 46–7. [Zaytsev A.L., Shklyeva S.E., Zenin A.A., et al. Organization of registration and damage to the organ of vision of a criminal nature in the Udmurt Republic. Problemy ekspertizy v meditsine. 2010; 10 (1–2): 46–7 (in Russian)].
12. Казанцев А.Д. Первая помощь при химических ожогах органа зрения: особенности повреждения газовыми аэрозольными баллончиками. Вестник совета молодых ученых и специалистов Челябинской области. 2014; 3: 26–7. [Kazantsev A.D. Ocular chemical burns: first aid; special aspects of pepper-spray. Vestnik Soveta molodykh uchenykh i spetsialistov Chelyabinskoy oblasti. 2014; 3: 26–7 (in Russian)].

**Вклад авторов в работу:** Т.В. Гаврилова — концепция и дизайн исследования, научное редактирование текста; Н.А. Собянин — дизайн исследования и сбор данных; А.В. Патрушев — сбор и анализ данных, написание текста статьи; М.В. Черешнева — концепция и дизайн исследования, финальное редактирование.

**Authors' contribution:** T.V. Gavrilova — conceptualization and design of the study, data analysis, article editing; N.A. Sobyenin — research concept and design, editing; A.V. Patrushev — data collection and analysis, writing of the article; M.V. Cheresheva — conceptualization and design of the study, final editing.

Поступила: 02.02.2022. Переработана: 20.02.2022. Принята к печати: 01.03.2022  
Originally received: 02.02.2022. Final revision: 20.02.2022. Accepted: 01.03.2022

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера» Минздрава России, ул. Петропавловская, д. 26, Пермь, 614990, Россия

<sup>2</sup>ГБУЗ ПК «ГКБ № 2 им. Ф.Х. Граля», ул. Плеханова, д. 36А, Пермь, 614068, Россия

**Татьяна Валерьевна Гаврилова** — д-р мед. наук, профессор, заведующая кафедрой офтальмологии<sup>1</sup>, врач-консультант<sup>2</sup>

**Николай Александрович Собянин** — заведующий офтальмологическим отделением<sup>2</sup>

**Андрей Владимирович Патрушев** — ординатор кафедры офтальмологии<sup>1</sup>

ФГБУН «Институт иммунологии и физиологии УрО РАН», ул. Первомайская, д. 106, Екатеринбург, 620041, Россия

**Маргарита Владимировна Черешнева** — д-р мед. наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории иммунофизиологии и иммунофармакологии

**Для контактов:** Татьяна Валерьевна Гаврилова,  
gavrilova.tv@mail.ru

<sup>1</sup>E.A. Vagner Perm State Medical University, 26, Petropavlovskaya St., Perm, 614990, Russia

<sup>2</sup>City Clinical Hospital No. 2 named after Dr. F.H. Gral, 36A, Plekhanova St., Perm, 614068, Russia

**Tatiana V. Gavrilova** — Dr. of Med. Sci., professor, head of ophthalmology department<sup>1</sup>, consultant physician<sup>2</sup>

**Nikolai A. Sobyenin** — PhD, head of ophthalmology department<sup>2</sup>

**Andrey V. Patrushev** — clinical resident of ophthalmology department  
Institute of Immunology and Physiology, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, 106, Pervomayskaya St., Ekaterinburg, 620041, Russia

**Margarita V. Cheresheva** — Dr. of Med. Sci., professor, principal researcher, laboratory of immunophysiology and immunopharmacology

**Contact information:** Tatiana V. Gavrilova,  
gavrilova.tv@mail.ru



<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-49-56>

# Метод измерения внутриглазного давления с использованием технологий искусственного интеллекта и аппланационной тонометрии с фиксированной силой

Д.А. Дорофеев<sup>1</sup>, А.А. Антонов<sup>2</sup>, Д.Ю. Василенко<sup>3</sup>, А.В. Горобец<sup>4, 5</sup>, К.А. Ефимова<sup>1</sup>, Е.В. Канафин<sup>5</sup>, Е.В. Карлова<sup>6</sup>, Е.В. Кирилик<sup>1</sup>, И.В. Козлова<sup>2</sup>, Е.Р. Орлова<sup>7</sup>, А.З. Цыганов<sup>8</sup> ✉

<sup>1</sup> МАУЗ «Городская клиническая больница № 2», поликлиника № 1, ул. Российская, д. 200, Челябинск, 454090, Россия

<sup>2</sup> ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней», ул. Россолимо, д. 11а, б, Москва, 119021, Россия

<sup>3</sup> LTD Arlit, Моше Авив, д. 6, Ор-Йехуда, 60371, Израиль

<sup>4</sup> МУДО «Центр дополнительного образования» Каслинского муниципального района, ул. Стадионная, д. 87, Касли, Челябинская обл., 456835, Россия

<sup>5</sup> ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет» (НИУ), Институт естественных и точных наук, пр. Ленина, д. 76, Челябинск, 454080, Россия

<sup>6</sup> ГБУЗ «Самарская областная клиническая офтальмологическая больница им. Т.И. Ерошевского», ул. Ново-Садовая, д. 158, Самара, 443068, Россия

<sup>7</sup> ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет», ул. Братьев Кашириных, д. 129, Челябинск, 454001, Россия

<sup>8</sup> ФГАУ НМИЦ «МНТК "Микрохирургия глаза" им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Бескудниковский бульвар, д. 59а, Москва, 127486, Россия

**Цель** — сравнительная оценка точности измерения офтальмотонуса с использованием технологий искусственного интеллекта и аппланационной тонометрии с фиксированной силой. **Материал и методы.** Исследование включало 290 пациентов (576 глаз), которым была проведена тонометрия по Маклакову с фиксированной силой — весом тонометра 5, 10 и 15 г с использованием модифицированной методики эластотониметрии и последующим анализом качества отпечатков и измерений их диаметра с помощью трех независимых экспертов-офтальмологов. Для проверки повторяемости и воспроизводимости измерений отпечатки были загружены в нейронную сеть. **Результаты.** Сравнение диаметров отпечатков тонометра Маклакова, определенных с помощью искусственного интеллекта на основе нейронной сети, с данными измерения трех экспертов показало, что нейронная сеть недооценивает результаты измерений в среднем на 0,27 (-3,81; 4,35) мм рт. ст. В то же время коэффициент внутриклассовой корреляции для всех отпечатков составил 98,3%. Точность измерения диаметра отпечатков нейронной сетью различается для тонометров разного веса: для тонометра 5 г различие составило 0,06 (-3,38; 3,49) мм рт. ст., для тонометров 10 г и 15 г — -0,14 (-3,8; 3,51) и 0,95 (-3,84; 5,74) мм рт. ст. соответственно. **Заключение.** Показана высокая точность и воспроизводимость измерений нейронной сетью, превосходящая воспроизводимость измерений, выполненных человеком.

**Ключевые слова:** глаукома; аппланационная тонометрия; внутриглазное давление; офтальмотонометрия; искусственный интеллект; тонометрия с фиксированной силой

**Конфликт интересов:** отсутствует.

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

**Для цитирования:** Дорофеев Д.А., Антонов А.А., Василенко Д.Ю., Горобец А.В., Ефимова К.А., Канафин Е.В., Карлова Е.В., Кирилик Е.В., Козлова И.В., Орлова Е.Р., Цыганов А.З. Метод измерения внутриглазного давления с использованием технологий искусственного интеллекта и аппланационной тонометрии с фиксированной силой. Российский офтальмологический журнал. 2022; 15 (2) (Приложение): 49-56. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-49-56>

# A method for measuring intraocular pressure using artificial intelligence technology and fixed-force applanation tonometry

Dmitry A. Dorofeev<sup>1</sup>, Alexey A. Antonov<sup>2</sup>, Denis Yu. Vasilenko<sup>3</sup>, Alexander V. Gorobets<sup>4, 5</sup>, Ksenia A. Efimova<sup>1</sup>, Evgeny V. Kanafin<sup>5</sup>, Elena V. Karlova<sup>6</sup>, Elena V. Kirilik<sup>1</sup>, Irina V. Kozlova<sup>2</sup>, Elizaveta R. Orlova<sup>7</sup>, Artem Z. Tsyganov<sup>8</sup> ✉

<sup>1</sup> City Clinical Hospital No. 2, Clinic No. 1, 200 Rossiyskaya St., Chelyabinsk, 454090, Russia

<sup>2</sup> Research Institute of Eye Diseases, 11A, B, Rossolimo St., Moscow, 119021, Russia

<sup>3</sup> LTD Aplit, Moshe Aviv, 6 Or-Yehuda, 60371, Israel

<sup>4</sup> Center of additional Education, 87, Stadionnaya St, Kasli, Chelyabinsk Region, 456835, Russia

<sup>5</sup> South Ural State University (National Research University), 76, Lenin Avenue, Chelyabinsk, 454080, Russia

<sup>6</sup> Eroshevsky Regional Clinical Eye Hospital, 158, Novo-Sadovaya St., Samara, 443068, Russia

<sup>7</sup> Chelyabinsk State University, 129, Bratyeв Kashirinykh St., Chelyabinsk, 454001, Russia

<sup>8</sup> S.N. Fedorov Eye Microsurgery Complex, 59a, Beskudnikovsky Boulevard, Moscow, 127486, Russia  
zokogama@yandex.ru

**Purpose.** To estimate the accuracy of IOP measurement using artificial intelligence (AI) technologies and applanation tonometry with fixed strength. **Material and methods.** 290 patients (576 eyes) underwent applanation tonometry according to Maklakov with tonometer weights of 5, 10, and 15 g using a modified elastotonometry technique followed by an analysis of impression quality and diameter measurements by three independent ophthalmologist experts. The prints were then fed into a neural network to check the repeatability and reproducibility of the measurements. **Results.** The comparison of the diameters of the Maklakov tonometer prints determined by AI based on the neural network with the measurements data provided by three experts showed that neural network underestimates the measurement results by an average of 0.27 (-3.81; 4.35) mm Hg. At the same time, the intraclass correlation coefficient for all prints was 98.3%. The accuracy of diameter measurements of prints by neural network differs for tonometers of different weights, e.g. for a 5 g tonometer the difference was 0.06 (-3.38; 3.49) mm Hg, for 10 g and 15 g tonometers was 0.14 (-3.8; 3.51) and 0.95 (-3.84; 5.74) mm Hg, respectively. **Conclusion.** High accuracy and reproducibility of the measurements by the neural network, was shown to surpass the reproducibility of human-implemented measurements.

**Keywords:** glaucoma; applanation tonometry; intraocular pressure; ophthalmotonometry; artificial intelligence; fixed force tonometry

**Conflict of interests:** there is no conflict of interests.

**Financial disclosure:** No author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

**For citation:** Dorofeev D.A., Antonov A.A., Vasilenko D.Yu., Gorobets A.V., Efimova K.A., Kanafin E.V., Karlova E.V., Kirilik E.V., Kozlova I.V., Orlova E.R., Tsyganov A.Z. A method for measuring intraocular pressure using artificial intelligence technology and fixed-force applanation tonometry. Russian ophthalmological journal. 2022; 15 (2) (supplement): 49-56 (In Russian). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-49-56>

По данным ВОЗ, в настоящее время в мире насчитывается около 2 млрд человек, страдающих теми или иными нарушениями зрения. Однако во многих странах офтальмологическая помощь не всегда доступна в полном объеме, особенно в отдаленных районах с низкими экономическими возможностями [1]. Для стандартного офтальмологического обследования требуется немало дорогостоящего оборудования, что затрудняет оказание высокотехнологичной помощи населению [2]. На помощь современному офтальмологу нередко приходят получающие все большее распространение смартфоны, для которых разработан и внедрен в практику ряд программ и приложений, позволяющих выполнять некоторые диагностические процедуры, например проверку остроты зрения [3, 4]. Наряду с этим существуют также специальные насадки для получения изображений глазного яблока [5, 6]. Проведенный метаанализ выявил соответствие между изображениями глазного дна, полученными с помощью смартфона, и изображениями фундус-камеры, являющимися золотым стандартом при оценке диабетической ретинопатии [7–9], соотношения Э/Д [10, 11] и ретинопатии недоношенных [12].

Офтальмотонометрия — важный метод диагностики в офтальмологии [13]. Повышенное внутриглазное давление (ВГД), являясь одним из основных факторов риска развития глаукомы [14, 15], при отсутствии лечения может достаточно быстро привести к необратимой потере зрения [16–20]. Методик измерения ВГД, используемых в современной офтальмологической практике, достаточно много. Все они имеют право на существование. Однако простой способ оценки уровня ВГД на базе смартфона еще не разработан.

Метод измерения ВГД, основанный на аппланации глазной поверхности грузиками фиксированной массы, был впервые предложен А.Н. Маклаковым в 1883 г. [21]. В дальнейшем эта методика была модифицирована Познером и Халбергом в 1960-х и 1970-х гг. [22, 23]. Вследствие контакта поверхности грузика фиксированной массы с поверхностью глаза формируется площадка аппланации округлой формы, диаметр которой можно измерить и, используя соотношение Имберта — Фика между давлением, силой и площадью соприкосновения, по имеющимся измерительным линейкам оценить уровень офтальмотонуса [21]. Казалось бы, все просто. Однако даже в современном, высокотехно-

логичном мире существуют определенные сложности с измерением диаметра оттисков, полученных при тонометрии по Маклакову, начиная с трудностей, связанных с соблюдением масштаба печати при изготовлении измерительных линеек [24] и заканчивая человеческим фактором [25].

Нами разработана telegram-bot ([https://t.me/ai\\_topometry\\_bot](https://t.me/ai_topometry_bot)), который позволяет измерить диаметр полученных оттисков, нивелируя погрешности измерительных линеек и влияние человеческого фактора. В этом исследовании мы сравнили результаты измерений, выполненных с помощью созданного приложения, с результатами измерений, выполненных с помощью измерительных линеек тремя независимыми экспертами, результаты которых приняли за эталон.

**ЦЕЛЬ** исследования — оценить точность измерения офтальмотонуса с использованием технологий искусственного интеллекта и аппланационной тонометрии с фиксированной силой.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В работе использованы результаты аппланационной тонометрии, разработанной Маклаковым в 1883 г. [21], предусматривающей использование фиксированной силы — веса тонометра 5, 10 и 15 г по модифицированной методике эластотонометрии [26], проведенной 290 пациентам на 576 глазах (у 4 пациентов исследуемый глаз был единственным). Измерения проводились каждым тонометром дважды. Таким образом, в протоколе обследования каждого пациента содержалось либо 6, либо 12 тонометрических оттисков в зависимости от количества исследуемых глаз. Далее протоколы исследований были отсканированы (1200 dpi) и распечатаны в цвете в трех экземплярах. Каждый набор эластотонограмм содержал 3456 тонометрических оттисков.

В анализе качества оттисков и их измерения приняли участие три независимых эксперта-офтальмолога: Елена Владимировна Карлова (город Самара, Россия), Ирина Владимировна Козлова (город Москва, Россия) и Дмитрий Александрович Дорофеев (город Челябинск, Россия). Один из экспертов провел измерение оттисков дважды: первый раз на оригинальных тонограммах, а второй — на отсканированных и распечатанных. Это позволило судить о повторяемости измерений человеком, а также предположить, что сканирование и распечатка на цветном принтере не привели к искажению изображений.

При анализе качества оттисков эксперты ранжировали их по четырем категориям: первая — оттиск не вызывает сомнений при измерении; вторая — оттиск сомнительный, но измерить диаметр возможно; третья — измерить диаметр оттиска можно, но лучше провести повторную аппланацию; четвертая — оттиск не подлежит измерению, требуется повторная аппланация.

Для проверки повторяемости и воспроизводимости измерений нейросети все изображения эластотонограмм были сфотографированы и загружены в нейросеть для измерения диаметра оттисков и оценки качества оттисков. Всего проанализировано 13 824 оттиска, полученных при измерении ВГД методом Маклакова. Для чистоты эксперимента в анализе не использовали оригиналы оттисков, врачи измеряли офтальмотонус по одинаковым распечатанным копиям. Воспроизводимость измерений оттисков рассчитывалась для каждого исследователя по сравнению со средним результатом трех врачей.

Для анализа измерений нейросети использовали три набора фотографий, сделанных на разные мобильные устройства. Воспроизводимость измерений оттисков нейросетью

рассчитывалась для каждого набора фотографий по средним измерениям трех наборов фотографий. Точность измерения оттисков нейросетью измерялась путем сравнения со средним измерением трех офтальмологов, что нами было принято за эталон.

*Статистический анализ* был выполнен с использованием языка программирования Python 3 и подключаемых библиотек numpy, statsmodels, pingouin (<https://pypi.org/>). Для сравнения измерений использовались графики Бланда — Альтмана с 95%-ным доверительным интервалом пределов согласия. Рассчитаны коэффициенты внутриклассовой корреляции (ICC2, k-эксперты выбираются случайным образом, затем каждый оттиск оценивается одним и тем же набором k-экспертов) повторных измерений и коэффициент вариации CV. Для попарных сравнений применялся t-критерий Стьюдента. Статистическая значимость была определена на уровне  $p < 0,05$ .

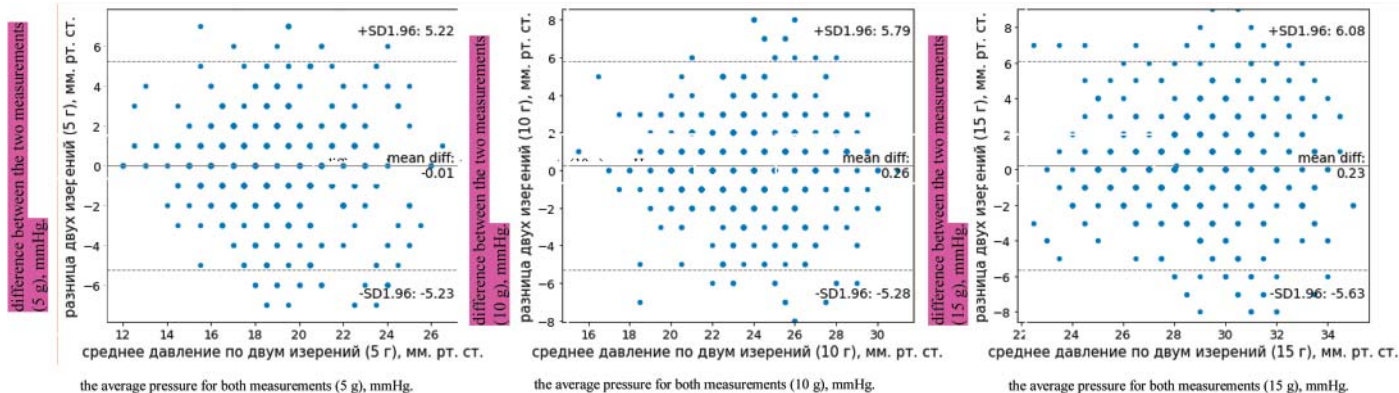
## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

*Сравнение измерений, проведенных экспертами.* На первом этапе нами было принято решение исключить из наблюдений данные офтальмотонуса, классифицируемые как высокий уровень офтальмотонуса по классификации А.П. Нестерова и А.Я. Бунина [27] (для тонометра Маклакова 5 г — более 27 мм рт. ст., для тонометра Маклакова 10 г — более 32 мм рт. ст. и для тонометра Маклакова 15 г — более 37 мм рт. ст.). Такое решение было принято по двум причинам. Во-первых — это относительные трудности в получении качественного оттиска при маленькой площади контакта с роговицей: даже малейшая погрешность в методике аппланации приводит к значительному искажению действительного уровня офтальмотонуса. Эта же проблема касается и измерения диаметра оттиска, малейшее смещение линейки будет приводить к большей погрешности. А во-вторых, с клинической точки зрения уровень офтальмотонуса при таком его повышении вряд ли будет измерен настолько верно, что исследователь примет такое выраженное повышение офтальмотонуса за нормальные значения. Таким образом, для анализа согласованности измерений использовался 861 оттиск для тонометра Маклакова 5 г, 847 оттисков — для тонометра Маклакова 10 г и 773 оттиска — для тонометра Маклакова 15 г.

Повторное измерение оттисков, выведенных на печать на цветном принтере, вероятно, не приводит к значимому искажению результатов, так как среднее отклонение измерений для тонометра Маклакова 5 г составило -0,01 (-5,23; 5,22) мм рт. ст., для грузов 10 и 15 г составило соответственно 0,26 (-5,28; 5,79) и 0,23 (-5,63; 6,08) мм рт. ст. (рис. 1).

Таким образом, коэффициент повторяемости для одного эксперта составил для тонометра Маклакова (5 г): CV = 4,86%; CV (абсолютное значение) = 0,92 мм рт. ст., для тонометра весом 10 г: CV = 4,08%; CV (абсолютное значение) = 0,97 мм рт. ст., а для тонометра 15 г: CV = 3,67%; CV (абсолютное значение) = 1,05 мм рт. ст., при этом стоит отметить, что в исследованиях коэффициента повторяемости при разработке искусственного интеллекта на основе тонометра Гольдмана повторяемость составила 3,8 и 3,9 мм рт. ст. для измерений искусственным интеллектом и человеком [28], но не стоит забывать, что в нашем исследовании мы говорим только о повторяемости измерения оттиска, в то время как в исследовании Т. Spaide и соавт. [28] идет речь о повторяемости всего метода.

Далее для уточнения воспроизводимости измерений каждого эксперта вычисляли среднее значение измерения для каждого оттиска. После чего данные каждого эксперта



**Рис. 1.** График Бланда — Алтмана повторного измерения офтальмотонуса одним врачом  
**Fig. 1.** Bland — Altman plot of repeated measurement of IOP by one doctor

сравнивали с этим значением. Так, для тонометра 5 г отличия в измерениях экспертов составили 0,81 (2,34; 3,97), 0,03 (-2,1; 2,15) и -0,84 (-3,28; 1,6) мм рт. ст. Схожая картина наблюдается по тонометрам 10 и 15 г. Так, отклонение от среднего измерения отпечатков составило 1,43 (1,59; 4,46), -1,06 (-3,24; 1,12) и -0,37 (-2,8; 2,05) мм рт. ст. для тонометра 10 г, а для тонометра 15 г составило 1,77 (-1,72; 5,26), -1,5 (-4,29; 1,29) и -0,27 (-3,05; 2,52) мм рт. ст. (рис. 2). Таким образом, можно утверждать об относительно стабильном результате измерений диаметров отпечатков экспертами, в среднем отклонение измерений составляет 0,9 мм рт. ст. и 95% в диапазоне (2,71; -2,71) мм рт. ст.

Коэффициент воспроизводимости для трех экспертов составил для тонометра Маклакова (5 г): CV = 6,17%; CV (абсолютное значение) = 1,22 мм рт. ст., для тонометра весом 10 г: CV = 5,52%; CV (абсолютное значение) = 1,48 мм рт. ст., а для тонометра 15 г: CV = 6,06%; CV (абсолютное значение) = 1,84 мм рт. ст.

*Сравнение измерений, проведенных искусственным интеллектом.* Для оценки воспроизводимости результатов измерений, полученных [https://t.me/ai\\_tonometry\\_bot](https://t.me/ai_tonometry_bot), были проанализированы три набора фотографий, каждый из которых включал 2481 отпечаток. Для отпечатков, полученных тонометром Маклакова 5 г, среднее отклонение от среднего значения составило 0,37 (-3,25; 3,25) мм рт. ст., а для отпечатков 10 и 15 г — 0,36 (-3,59; 3,59) и 0,61 (-3,96; 3,96) мм рт. ст. соответственно (рис. 3).

Коэффициент воспроизводимости для алгоритмов [https://t.me/ai\\_tonometry\\_bot](https://t.me/ai_tonometry_bot) составил для тонометра Маклакова 5 г: CV = 6,17%; CV (абсолютное значение) = 1,22 мм рт. ст., для тонометра весом 10 г: CV = 5,25%; CV (абсолютное значение) = 1,32 мм рт. ст., а для тонометра 15 г: CV = 5,23%; CV (абсолютное значение) = 1,54 мм рт. ст.

Таким образом, воспроизводимости измерений отпечатков человеком и [https://t.me/ai\\_tonometry\\_bot](https://t.me/ai_tonometry_bot) сопоставимы для тонометра Маклакова весом 5 г ( $t = -0,027567$ ;  $p = 0,978$ ), а для тонометров весом 10 и 15 г [https://t.me/ai\\_tonometry\\_bot](https://t.me/ai_tonometry_bot) демонстрирует хоть и незначительные (менее 1 мм рт. ст.) в абсолютных величинах, но более воспроизводимые результаты (для тонометра 10 г:  $t = 3,4867$ ;  $p = 0,0005142$ ; для тонометра 15 г:  $t = 4,1285$ ;  $p = 4,049e-05$ ).

*Сравнение измерений, проведенных искусственным интеллектом, с измерениями экспертов.* В этом исследовании мы сравнили измерения диаметра отпечатков тонометра Маклакова с помощью искусственного интеллекта на базе [https://t.me/ai\\_tonometry\\_bot](https://t.me/ai_tonometry_bot) с измерениями трех экспертов. Мы обнаружили, что [https://t.me/ai\\_tonometry\\_bot](https://t.me/ai_tonometry_bot) занижает изме-

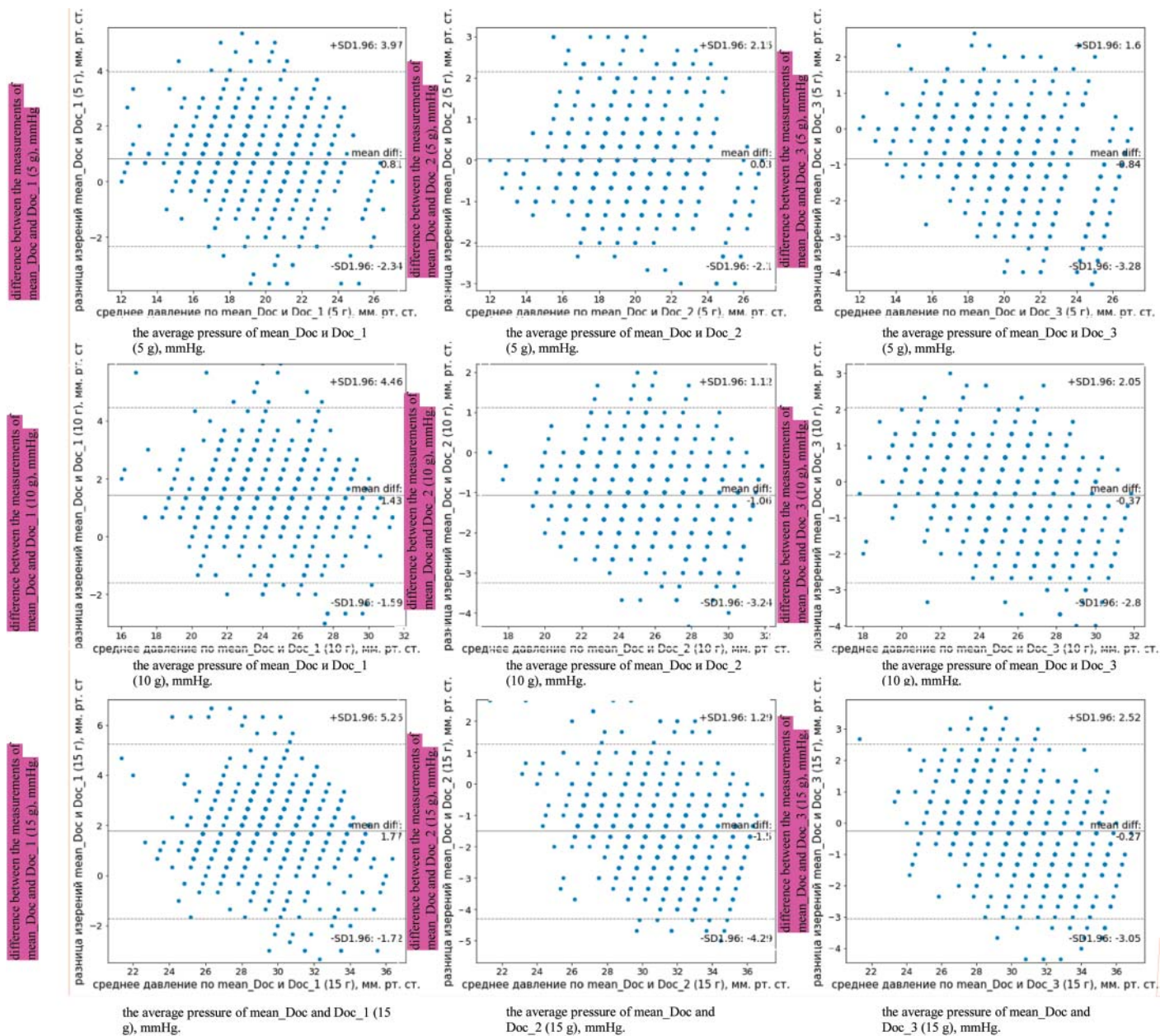
рение по сравнению с тремя экспертами на 0,27 (-3,81; 4,35) мм рт. ст. При этом внутриклассовый коэффициент корреляции для всех отпечатков составил 98,3%. Точность измерений диаметра отпечатков [https://t.me/ai\\_tonometry\\_bot](https://t.me/ai_tonometry_bot) для тонометров разных весов отличается: так, для тонометра 5 г точность составила -0,06 (-3,38; 3,49) мм рт. ст., для тонометров 10 и 15 г: 0,14 (-3,8; 3,51) и 0,95 (-3,84; 5,74) мм рт. ст. (рис. 4).

Согласно требованиям американского национального стандарта ANSI Z80.10, устанавливающего требования к новым тонометрам, не более 5% парных измерений могут отличаться более чем на  $\pm 5$  мм рт. ст. По сравнению с измерениями экспертов уровень офтальмотонуса нашего 2481 отпечатка лишь в 2,8% находился за пределами этого диапазона. Среднее смещение и 95%-ный предел согласия для [https://t.me/ai\\_tonometry\\_bot](https://t.me/ai_tonometry_bot) по сравнению с измерениями экспертов хорошо согласуются с сообщенным средним смещением и 95%-ным пределом согласия для других широко используемых тонометров [29]. В большом метаанализе, сравнивающем различные тонометры с тонометром Гольдмана, J. Cook и соавт. сообщили о среднем смещении +0,9 мм рт. ст. и 95%-ном пределе согласия: от -4,3 до 6,1 мм рт. ст. — для тонометра Icare ic 100 (Icare Finland Oy, Финляндия) и среднем смещении -0,2 мм рт. ст. и пределами согласия от -6,2 до 5,8 мм рт. ст. для Тono-Pen XL (Reichert Technologies, США) по сравнению с тонометром Гольдмана, 52% измерений Icare и 48% измерений Тono-Pen были в пределах 2,0 мм рт. ст. от измерения тонометром Гольдмана [29]. В рамках нашего исследования 70,5% измерений ВГД были в пределах 2,0 мм рт. ст. Исследования, сравнивающие пневмотонометр с тонометром Гольдмана, часто сообщают о еще более высоком среднем отклонении — до 5,5 (1,5; 10,0) мм рт. ст. [30, 31].

Таким образом, можно говорить о более сбалансированных и более воспроизводимых результатах измерения диаметров отпечатков тонометров Маклакова при помощи искусственного интеллекта.

*Ограничения исследования.* Основным ограничением исследования нужно признать копирование отпечатков измерений. Несмотря на высокое качество сканирования (1200 dpi) и высокое качество печати на цветном принтере, гарантировать полную передачу изображения невозможно, однако сравнение повторного измерения копий и оригиналов не привело к значимому смещению результатов.

Небольшое количество экспертов, задействованных в измерении отпечатков, позволяет предположить наличие смещения результатов измерений, так как один из трех экспертов занижал измерения примерно на 2 мм рт. ст. Однако измерения именно этого эксперта были проведены дважды, и его



**Рис. 2.** График Бланда — Альтмана для тонометров Маклакова 5, 10 и 15 г, сравнение каждого эксперта со средним значением измерения отиска  
**Fig. 2.** Bland — Altman plot for 5g, 10g and 15g Maklakov tonometers, the comparison of each expert with the average value of the print measurement

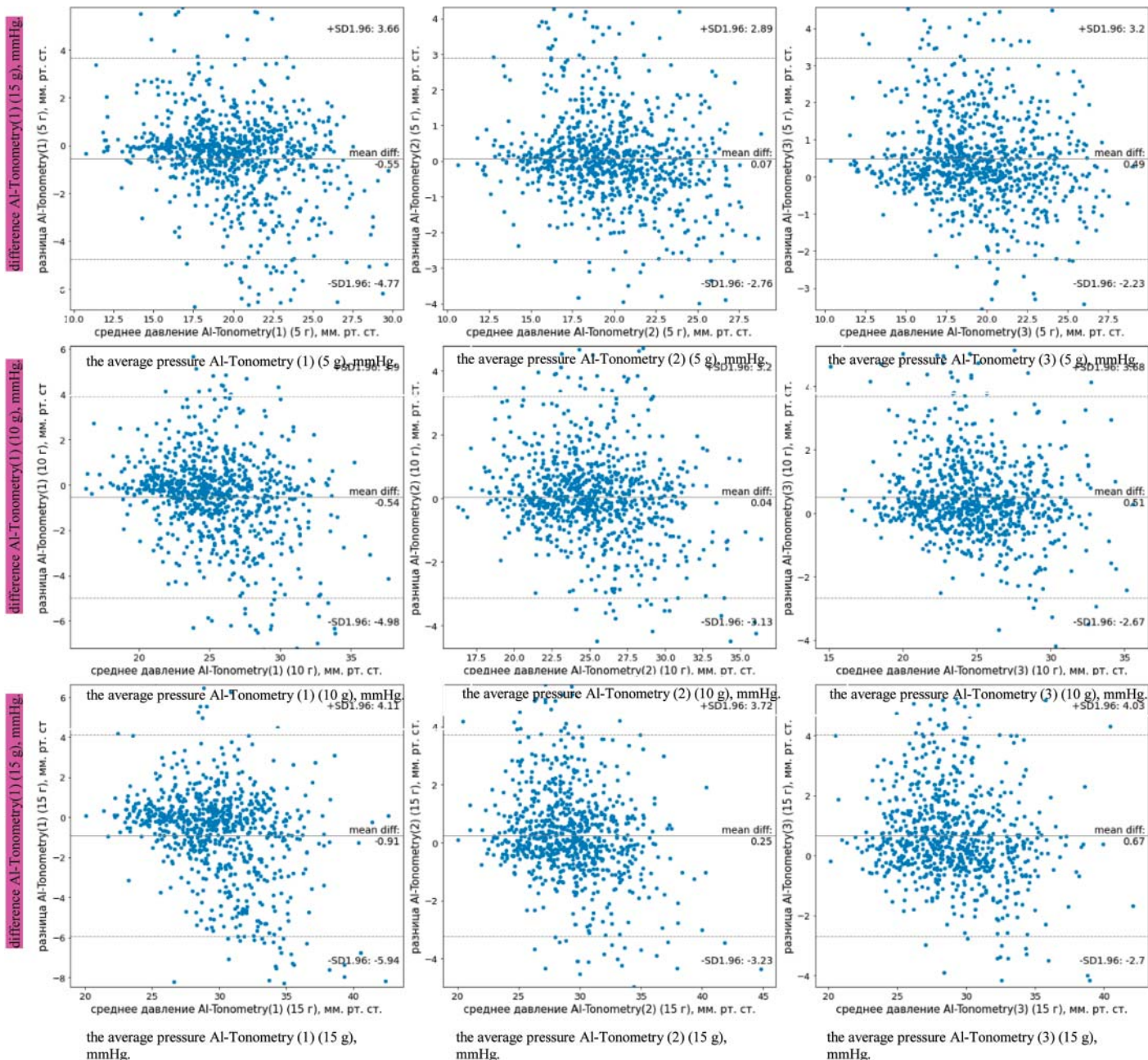
результаты оказались воспроизводимыми, а среднее отклонение не превысило 0,25 мм рт. ст. Более того, при пиксельном измерении диаметра отпечатков (что позволяет измерить диаметр с точностью до 1 пикселя, или 0,0658 мм) в нашем предыдущем исследовании показано, что именно этот эксперт проводит измерение точнее двух других экспертов. Таким образом, занижение измерений диаметра отпечатков по сравнению с тремя экспертами на 0,27 (-3,81; 4,35) мм рт. ст. не обязательно обусловлено погрешностями работы [https://t.me/ai\\_tonometry\\_bot](https://t.me/ai_tonometry_bot), возможно, что эти расхождения получены за счет смещения, обусловленного флюктуациями измерений экспертов.

Кроме того, в идеале следовало бы проводить консенсусное измерение отпечатков, однако их большое количество и географическая разобщенность экспертов не позволили провести такое измерение.

В нашем исследовании не стоит говорить о точности, повторяемости и воспроизводимости метода Маклакова, так как мы анализировали лишь процесс измерения отиска, а процесс аппланации производили однократно.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Измерение диаметров отпечатков тонометров Маклакова при помощи искусственного интеллекта [https://t.me/ai\\_tonometry\\_bot](https://t.me/ai_tonometry_bot) позволяет добиться точности измерений 0,27 (-3,81; 4,35) мм рт. ст. с коэффициентом внутриклассовой корреляции 98,3%. При этом коэффициенты вариации для измерений человеком и [https://t.me/ai\\_tonometry\\_bot](https://t.me/ai_tonometry_bot) составили 6,05 и 5,55% соответственно ( $t = 4,17$ ;  $p = 0,00004$ ). Таким образом, можно уверенно говорить о высокой точности и воспроизводимости измерений [https://t.me/ai\\_tonometry\\_bot](https://t.me/ai_tonometry_bot), превосходящей воспроизводимость человека.

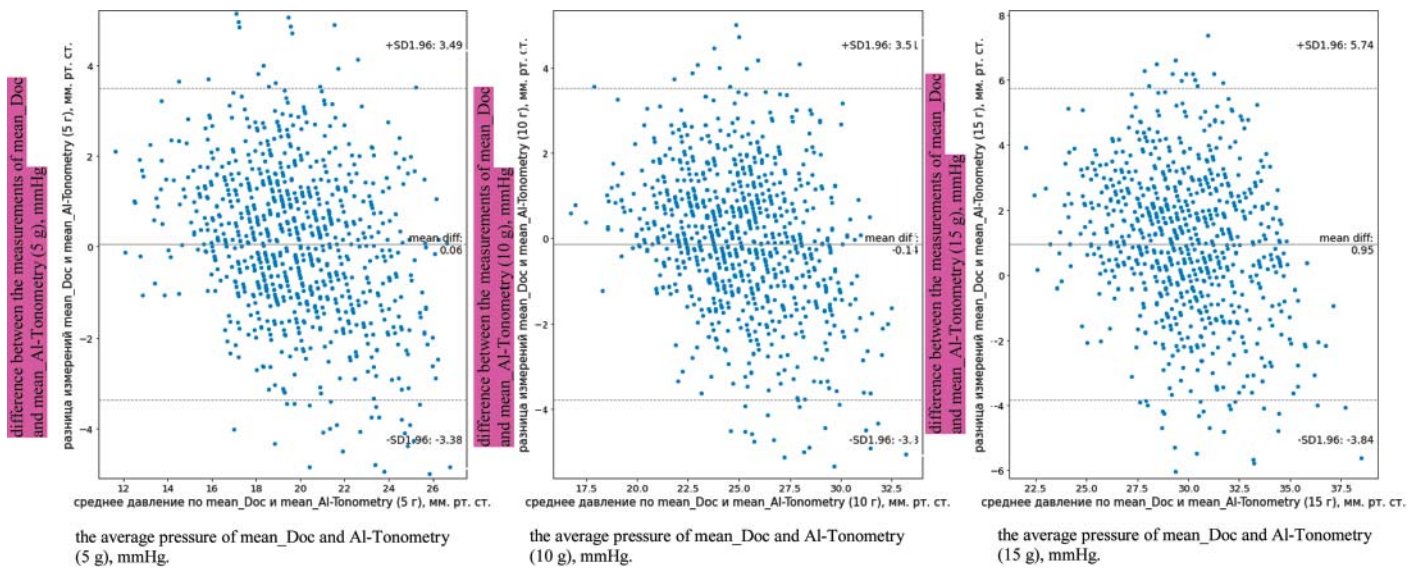


**Рис. 3.** График Бланда — Альтмана для тонометров Маклакова 5, 10 и 15 г, сравнение измерений каждого эксперта со средним значением измерения оттосков при помощи [https://t.me/ai\\_tonometry\\_bot](https://t.me/ai_tonometry_bot)

**Fig. 3.** Bland — Altman plot for 5 g, 10 g and 15 g Maklakov tonometers, the comparison of each expert with the average value of the print measurement using [https://t.me/ai\\_tonometry\\_bot](https://t.me/ai_tonometry_bot)

#### Литература/References

1. Resnikoff S., Felch W., Gauthier T.M., Spivey B. The number of ophthalmologists in practice and training worldwide: A growing gap despite more than 200 000 practitioners. *Br. J. Ophthalmol.* 2012; 96 (6): 783–7. doi:10.1136/bjophthalmol-2011-301378
2. Wu Y., Luttrell I., Feng S., et al. Development and validation of a machine learning, smartphone-based tonometer. *Br. J. Ophthalmol.* 2020; 104 (10): 1394–8. doi:10.1136/bjophthalmol-2019-315446
3. Pathipati A.S., Wood E.H., Lam C.K., Sales C.S., Moshfeghi D.M. Visual acuity measured with a smartphone app is more accurate than Snellen testing by emergency department providers. *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* 2016; 254 (6): 1175–80. doi:10.1007/s00417-016-3291-4
4. Bastawrous A., Rono H.K., Livingstone I.A.T., et al. Development and validation of a smartphone-based visual acuity test (peek acuity) for clinical practice and Community-Based Fieldwork. *JAMA Ophthalmol.* 2015; 133 (8): 930–7. doi:10.1001/jamaophthalmol.2015.1468
5. Ludwig C.A., Murthy S.I., Pappuru R.R., et al. A novel smartphone ophthalmic imaging adapter: User feasibility studies in Hyderabad, India. *Indian J. Ophthalmol.* 2016; 64 (3): 191–200. doi:10.4103/0301-4738.181742
6. Ludwig C.A., Newsom M.R., Jais A., et al. Training time and quality of smartphone-based anterior segment screening in rural India. *Clin. Ophthalmol.* 2017; 11: 1301–7. doi:10.2147/OPHT.S134656
7. Vilela M.A., Valença F.M., Barreto P.K., Amaral C.E., Pellanda L.C. Agreement between retinal images obtained via smartphones and images obtained with retinal cameras or fundoscopic exams — Systematic review and meta-analysis. *Clin. Ophthalmol.* 2018; 12: 2581–9. doi:10.2147/OPHT.S182022
8. Rajalakshmi R., Arulmalar S., Usha M., et al. Validation of smartphone based retinal photography for diabetic retinopathy screening. *PLoS One.* 2015; 10 (9): e0138285. doi:10.1371/journal.pone.0138285
9. Russo A., Morescalchi F., Costagliola C., Delcassi L., Semeraro F. Comparison of smartphone ophthalmoscopy with slit-lamp biomicroscopy for grading diabetic



**Рис. 4.** График Бланда — Альтмана для тонометров Маклакова 5, 10 и 15 г, сравнение средних измерений экспертами со средними измерениями [https://t.me/ai\\_tonometry\\_bot](https://t.me/ai_tonometry_bot)  
**Fig. 4.** Bland — Altman plot for 5 g, 10 g and 15 g Maklakov tonometers, the comparison of average expert measurements with the average values using [https://t.me/ai\\_tonometry\\_bot](https://t.me/ai_tonometry_bot)

retinopathy. *Am. J. Ophthalmol.* 2015; 159 (2): 360–4. e1. doi:10.1016/j.ajo.2014.11.008

- Russo A., Mapham W., Turano R., et al. Comparison of smartphone ophthalmoscopy with slit-lamp biomicroscopy for grading vertical cup-to-disc ratio. *J. Glaucoma.* 2016; 25 (9): e777–81. doi:10.1097/IJG.0000000000000499
- Bastawrous A., Giardini M.E., Bolster N.M., et al. Clinical validation of a smartphone-based adapter for optic disc imaging in Kenya. *JAMA Ophthalmol.* 2016; 134 (2): 151–8. doi:10.1001/jamaophthalmol.2015.4625
- Goyal A., Gopalakrishnan M., Anantharaman G., et al. Smartphone guided wide-field imaging for retinopathy of prematurity in neonatal intensive care unit - A Smart ROP (SRP) initiative. *Indian J. Ophthalmol.* 2019; 67 (6): 840–5. doi:10.4103/ijo.IJO\_1177\_18
- Антонов А.А., Карлова Е.В., Брежнев А.Ю., Дорофеев Д.А. Современное состояние офтальмотонометрии. *Вестник офтальмологии.* 2020; 136 (6): 100–7. [Antonov A.A., Karlova E.V., Brezhnev A.Y., Dorofeev D.A. Current state of ophthalmic tonometry. *Vestnik oftal'mologii.* 2020; 136 (6): 100–7 (in Russian)]. doi:10.17116/oftalma2020136061100
- Городничий В.В., Дорофеев Д.А., Завадский П.Ч. и др. Факторы риска, патогенные факторы развития и прогрессирования глаукомы по результатам многоцентрового исследования Российского глаукомного общества. *Медико-биологические проблемы жизнедеятельности* 2012; 8 (2): 57–69. [Gorodnichiy V.V., Dorofeev D.A., Zavadsky P.C., et al. Risk factors, pathogenic factors in progression of glaucoma by results of multicenter study of Russian glaucoma society. *Medical and Biological Problems of Life Activity.* 2012; 8 (2): 57–69 (in Russian)]. [http://eyenews.club/files/r\\_70\\_50/new-266\\_selection.pdf](http://eyenews.club/files/r_70_50/new-266_selection.pdf)
- Авдеев Р.В., Александров А.С., Басинский А.С. и др. Клинико-эпидемиологическое исследование факторов риска развития и прогрессирования глаукомы. *Российский офтальмологический журнал.* 2013; 6 (3): 4–11. [Avdeev R.V., Alexandrov A.S., Basinsky A.S., et al. Clinical and epidemiological study of risk factors of glaucoma development and progression. *Russian ophthalmological journal.* 2013; 6 (3): 4–11 (in Russian)]. <https://elibrary.ru/item.asp?id=19415263>
- Дорофеев Д.А., Кирилик Е.В., Климова А.В., Соловьева О.Б. Влияние ретинопротекторной терапии на показатели оптической когерентной томографии с функцией ангиографии (пилотное исследование). *Вестник офтальмологии.* 2021; 137 (1): 60–7. [Dorofeev D.A., Kirilik E.V., Klimova A.V., Solovieva O.B. Effect of retinal protective therapy on optical coherence tomography angiography (pilot study). *Vestnik oftalmologii.* 2021; 137 (1): 60–7 (in Russian)]. doi:10.17116/oftalma202113701160
- Гусаревич А.А., Завадский П.Ч., Куроедов А.В. и др. Актуальность выбора монотерапии аналогами простагландинов/простаமிдов на старте лечения впервые выявленной глаукомы (результаты многоцентрового исследования). *Национальный журнал глаукома.* 2020; 19 (3): 43–57. [Gusarevich A.A., Zavadski P.C., Kuroyedov A.V., et al. The correct choice of monotherapy with prostaglandins analogues/prostamides at the start of treatment for newly diagnosed glaucoma (as results of a multicenter study). *National Journal glaucoma.* 2020; 19 (3): 43–57 (in Russian)]. doi:10.25700/NJG.2020.03.05
- Страхов В.В., Егоров Е.А., Еричев В.П. и др. Влияние длительной ретинопротекторной терапии на прогрессирование глаукомы по данным структурно-функциональных исследований. *Вестник офтальмологии.* 2020; 136 (5): 58–66. [Strakhov V.V., Egorov E.A., Erichev V.P., et al. The influence of long-term retinal protective therapy on glaucoma progression according to structural and functional tests. *Vestnik oftal'mologii.* 2020; 136 (5): 58–66 (in Russian)]. doi:10.17116/oftalma202013605158
- Дорофеев Д.А., Крыжановская А.В., Цыганов А.З. Эффективность гипотензивной бесконсервантной терапии фиксированной комбинацией биматопроста и тимолола (промежуточные результаты). *Вестник офтальмологии.* 2020; 136 (2): 73–80. [Dorofeev D.A., Kryzhanovskaya A.V., Tsyganov A.Z. Effectiveness of antihypertensive conservative-free therapy with fixed combination of bimatoprost and timolol (intermediate results). *Vestnik oftal'mologii.* 2020; 136 (2): 73–80 (in Russian)]. doi:10.17116/oftalma202013602173
- Авдеев Р.В., Бакунина Н.А., Басинский А.С. и др. Менеджмент прогрессирующей глаукомы. *Национальный журнал глаукома.* 2019; 18 (1): 45–58. [Avdeev R.V., Bakunina N.A., Basinsky A.S., et al. Management of glaucoma progression. *National journal glaucoma.* 2019; 18 (1): 45–58 (in Russian)]. doi:10.25700/NJG.2019.01.07
- Маклаков Н.А. Еще по поводу офтальмотонометрии. *Хирургическая летопись.* 1893; 4: 1–11. [Maklakov N.A. More on ophthalmotometry. *Surgical Annals.* 1893; (4): 1–11 (in Russian)].
- Wind C.A., Kaufman H.E. Clinical evaluation of the Halberg hand applanation tonometer. *Ann Ophthalmol.* 1972; 4 (8): 631–41.
- Posner A. The applanation, a modified Maklakov applanation tonometer. *Eye Ear Nose Throat Mon.* 1965; 4: 77–80.
- Вурдафт А.Е. О точности измерительных линеек Б.Л. Поляка. *Национальный журнал глаукома.* 2017; 16 (4): 11–22. [Vurdaft A.E. On the precision of Polyak measuring scales in Maklakov tonometry. *National journal glaucoma.* 2017; 16 (4): 11–22 (in Russian)].
- Дорофеев Д.А., Визгалова Л.О., Горобец А.В. и др. Возможности искусственного интеллекта в измерении отисков внутриглазного давления по Маклакову. *Национальный журнал глаукома.* 2020; 19 (1): 20–7. [Dorofeev D.A., Vizgalova L.O., Gorobets A.V., et al. The possibilities of artificial intelligence use in the assessment of Maklakov intraocular pressure prints. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma.* 2020; 19 (1): 20–7 (in Russian)]. doi:10.25700/NJG.2020.01.03
- Аветисов С.Э., Бубнова И.А., Антонов А.А. Еще раз о диагностических возможностях эластотонометрии. *Вестник офтальмологии.* 2008; 124 (5): 19–22. [Avetisov S.E., Bubnova I.A., Antonov A.A. Once more about the diagnostic capacities of elastic tonometry. *Vestnik oftal'mologii.* 2008; 124 (5): 19–21 (in Russian)]. <https://elibrary.ru/item.asp?id=11632985>
- Нестеров А.П., Бунин А.Я. О новой классификации первичной глаукомы. *Вестник офтальмологии.* 1977; 5: 38–42. [Nesterov A.P., Bunin A.Ya. New



- classification of primary glaucoma. *Vestnik ophthal'mologii*. 1977; 5: 38–42 (in Russian)]. <https://elibrary.ru/contents.asp?id=34562365>
28. *Spraidе T., Wu Y., Yanagihara R.T., et al.* Using deep learning to automate goldmann applanation tonometry readings. *Ophthalmology*. 2020; 127 (11): 1498–506. doi:10.1016/j.ophtha.2020.04.033
  29. *Cook J.A., Botello A.P., Elders A., et al.* Systematic review of the agreement of tonometers with goldmann applanation tonometry. *Ophthalmology*. 2012; 119 (8): 1552–7. doi:10.1016/j.ophtha.2012.02.030
  30. *Barkana Y., Gutfreund S.* Measurement of the difference in intraocular pressure between the sitting and lying body positions in healthy subjects: Direct comparison of the Icare Pro with the Goldmann applanation tonometer, Pneumatometer and Tonopen XL. *Clin. Exp. Ophthalmol*. 2014; 42 (7): 608–14. doi:10.1111/ceo.12272
  31. *Barkana Y.* Postural change in intraocular pressure: A comparison of measurement with a Goldmann Tonometer, Tonopen XL, Pneumatometer, and HA-2. *J. Glaucoma*. 2014; 23 (1): e 23–8. doi:10.1097/IJG.0b013e3182a0762f

Поступила: 02.02.2022. Переработана: 06.02.2022. Принята к печати: 11.02.2022  
Originally received: 02.02.2022. Final revision: 06.02.2022. Accepted: 11.02.2022

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

МАУЗ «Городская клиническая больница № 2», поликлиника № 1, ул. Российская, д. 200, Челябинск, 454090, Россия

**Дмитрий Александрович Дорофеев** — врач-офтальмолог, ORCID 0000-0003-3352-8170

**Ксения Алексеевна Ефимова** — оператор ОКТ, ORCID 0000-0001-6492-7743

**Елена Викторовна Кирилик** — врач-офтальмолог, ORCID 0000-0002-0189-9586

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней», ул. Россолово, д. 11а, б, Москва, 119021, Россия

**Алексей Анатольевич Антонов** — канд. мед. наук, ведущий научный сотрудник отдела глаукомы, ORCID 0000-0002-5171-8261

**Ирина Владимировна Козлова** — канд. мед. наук, научный сотрудник отдела глаукомы

LTD Aplit, Моше Авив, д. 6, Ор-Йехуда, 60371, Израиль

**Денис Юрьевич Василенко** — фронтенд-разработчик

<sup>1</sup> МУДО «Центр дополнительного образования» Каслинского муниципального района, ул. Стадионная, д. 87, Касли, Челябинская обл., 456835, Россия

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет» (НИУ), Институт естественных и точных наук, пр. Ленина, д. 76, Челябинск, 454080, Россия

**Александр Вячеславович Горобец** — студент<sup>1,2</sup>, ORCID 0000-0001-9864-9833

**Евгений Вадимович Канафин** — студент<sup>2</sup>, ORCID 0000-0001-5354-4843

ГБУЗ «Самарская областная клиническая офтальмологическая больница им. Т.И. Ерошевского», ул. Ново-Садовая, д. 158, Самара, 443068, Россия

**Елена Владимировна Карлова** — д-р мед. наук, заместитель главного врача, ORCID 0000-0003-4929-8832

ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет», биологический факультет, ул. Братьев Кашириных, д. 129, Челябинск, 454001, Россия

**Елизавета Романовна Орлова** — врач-офтальмолог, ORCID 0000-0001-9568-1715

ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Бескудниковский бульвар, д. 59а, Москва, 127486, Россия

**Артем Захарович Цыганов** — клинический ординатор, ORCID 0000-0003-2959-4319

Для контактов: Артем Захарович Цыганов,  
zokogama@yandex.ru

City Clinical Hospital No. 2, Clinic № 1, 200, Rossiiskaya St., Chelyabinsk, 454090, Russia

**Dmitry A. Dorofeev** — ophthalmologist, ORCID 0000-0003-3352-8170

**Ksenia A. Efimova** — OCT operator, ORCID 0000-0001-6492-7743

**Elena V. Kirilik** — ophthalmologist, ORCID 0000-0002-0189-9586  
Scientific Research Institute of Eye Diseases, 11 A, B, Rossolimo st., Moscow, 119021, Russia

**Alexey A. Antonov** — Cand. of Med. Sci., leading researcher, glaucoma department, ORCID 0000-0002-5171-8261

**Irina V. Kozlova** — Cand. of Med. Sci., researcher, glaucoma department LTD Aplit, Moshe Aviv, 6 Or-Yehuda, 60371, Israel

**Denis Yu. Vasilenko** — frontend developer

<sup>1</sup> Center of additional Education, 87, Stadionnaya St, Kasli, Chelyabinsk Region, 456835, Russia

<sup>2</sup> South Ural State University (National Research University), 76, Lenin Avenue, Chelyabinsk, 454080, Russia

**Alexander V. Gorobets** — student<sup>1,2</sup>, ORCID 0000-0001-9864-9833

**Evgenij V. Kanafin** — student<sup>2</sup>, ORCID 0000-0001-5354-4843  
Eroshevskiy Eye Hospital, 158, Novo-Sadovaya st., Samara, 443068, Russia

**Elena V. Karlova** — Dr. of Med. Sci., deputy chief doctor, ORCID 0000-0003-4929-8832

Chelyabinsk State University, 129, Bratiev Kashirinykh St., Chelyabinsk, 454001, Russia

**Elizaveta R. Orlova** — ophthalmologist, ORCID 0000-0001-9568-1715  
S.N. Fedorov Eye Microsurgery Complex, 59a, Beskudnikovsky Boulevard, Moscow, 127486, Russia

**Artem Z. Tsyganov** — clinical resident, ORCID 0000-0003-2959-4319

Contact information: Artem Z. Tsyganov,  
zokogama@yandex.ru

<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-57-60>



# Объективные характеристики аккомодации у школьников с прогрессирующей миопией в современных условиях

О.В. Жукова ✉, А.В. Золотарев, Махди Абида

ФГБОУ ВПО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Чапаевская, д. 89, Самара, 443099, Россия

**Цель работы** — изучить состояние аккомодативной функции у современных школьников с помощью компьютерной аккомодографии. **Материал и методы.** Аккомодацию 74 детей (10–16 лет), из них 54 — с разными степенями миопии и 20 детей (контрольная группа) с эметропией, исследовали на компьютерном аккомодографе Righton Speedy-K ver. МФ-1. Определяли силу аккомодационного ответа на предъявляемый аккомодационный стимул путем вычисления коэффициента аккомодационного ответа (КАО) и характер сокращения волокон цилиарной мышцы путем определения микрофлуктуационного коэффициента (КМФ). **Результаты.** Установлено, что в группах пациентов с эметропией и миопией слабой степени КАО и КМФ превышают средние нормальные значения. Особенно выражены изменения в группе детей с миопией слабой степени. В группах детей с миопией средней и высокой степени КАО значимо ниже, чем при миопии слабой степени и эметропии, при этом КМФ также превышает нормальные значения. **Заключение.** В патогенезе прогрессирующей миопии у современных школьников большое значение имеет спастический компонент аккомодации, что выражается в усилении аккомодационного ответа по отношению к аккомодационному стимулу и патологическом увеличении частоты аккомодационных микрофлуктуаций.

**Ключевые слова:** аккомодация; компьютерная аккомодография; аккомодационные микрофлуктуации; миопия

**Конфликт интересов:** отсутствует.

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

**Для цитирования:** Жукова О.В., Золотарев А.В., Абида Махди. Объективные характеристики аккомодации у школьников с прогрессирующей миопией в современных условиях. Российский офтальмологический журнал. 2022; 15 (2) (Приложение): 57–60. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-57-60>

## Objective characteristics of accommodation in present-day schoolchildren with progressive myopia

Olga V. Zhukova ✉, Andrey V. Zolotarev, Mahdi Abida

Samara State Medical University, 89, Chapaevskaya St., Samara, 443099, Russia  
[olga-g@list.ru](mailto:olga-g@list.ru)

**Purpose:** to study the accommodative function in contemporary schoolchildren using the method of computer accommodography. **Material and methods.** 74 children aged 10–16 (54 with different degrees of myopia and the control group of 20 emmetropic children) were tested on a Righton Speedy-K ver. MF-1 computer accommodograph to determine the accommodative response to accommodation stimulus (by calculating the coefficient of the accommodative response, CAR) and the contraction of ciliary muscle fibers (by determining the microfluctuation coefficient, CMF). **Results.** In groups of patients with emmetropia and weak myopia, CAR and CMF were found to exceed the normal values. The low myopia group demonstrated especially pronounced changes. In moderate and high myopia, the CAO is significantly lower than in low myopia or emmetropia, while the CMF also exceeds normal values. **Conclusion.** The spastic component of accommodation is of great importance in the pathogenesis of progressive myopia of present-day schoolchildren, which is expressed in the strengthening of the accommodation response with regard to the accommodation stimulus and pathological frequency increase of accommodative microfluctuations.

**Keywords:** accommodation; computer accommodography; accommodative microfluctuations; myopia

**Conflict of interests:** there is no conflict of interests.

**Financial disclosure:** No author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

**For citation:** Zhukova O.V., Zolotarev A.V., Mahdi Abida. Objective characteristics of accommodation in present-day schoolchildren with progressive myopia. Russian ophthalmological journal. 2022; 15 (2) (supplement): 57-60 (In Russian). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-57-60>

Миопия — наиболее распространенная аномалия рефракции у школьников. В младших классах ее частота составляет 2,4%, в старших классах — 38,6%. В гимназиях и лицеях этот показатель достигает 50,7%, что связано с более интенсивными зрительными нагрузками [1]. Пусковым механизмом и одним из важнейших патогенетических факторов в возникновении и развитии прогрессирующей близорукости являются нарушения аккомодации. Причем большинство исследователей описывает слабость аккомодации, имеющую место у детей-миопов [2, 3]. Распространение в последние годы электронных носителей информации привело к тому, что современные дети не только во время школьных занятий, но и в свободное время занимаются интенсивной зрительной работой, что, без сомнения, негативно сказывается на состоянии их аккомодации. Оценка аккомодационной функции детей может проводиться как с применением субъективных, так и объективных методов, позволяющих оценить качественные и количественные показатели работы цилиарной мышцы. Субъективные методы исследования, такие как определение запаса относительной аккомодации или объема абсолютной аккомодации, позволяют определить количественное изменение динамической рефракции в процессе аккомодации. С помощью объективных методов исследования можно определить не только количественные, но и качественные показатели работы цилиарной мышцы при аккомодационной нагрузке [4].

**ЦЕЛЬ** работы — изучить состояние аккомодативной функции у современных школьников с помощью компьютерной аккомодографии.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Изучение функции аккомодации у школьников проведено на базе общеобразовательной школы № 131 г. Самары. Образовательная программа в данном учебном заведении не предусматривает дополнительной повышенной нагрузки в виде интенсивных форм обучения. Обследованы 54 школьника (108 глаз): 28 девочек и 26 мальчиков в возрасте 10–16 лет. По характеру аномалий рефракции дети распределились следующим образом: 27 человек (54 глаза) — с миопией слабой степени, 21 человек (42 глаза) — с миопией средней степени, 6 человек (12 глаз) — с высокой миопией. В группу сравнения были включены 20 детей (40 глаз) с эметропией. Острота зрения с коррекцией у всех обследованных составляла 0,9–1,0; астигматический компонент был в пределах 0,25–1,25 D. У всех школьников имелись смартфоны или планшетные компьютеры, которыми они пользовались на переменах, а также в свободное от занятий время. Общее время пользования электронными гаджетами помимо школьной нагрузки составляло не менее 2 ч в день. Стандартное офтальмологическое обследование включало визометрию, субъективное определение рефракции, авторефрактометрию в состоянии циклоплегии. Кроме того, всем детям провели компьютерную аккомодографию на авторефрактометре с функцией аккомодографии Righton Speedy-K ver. MF-1.

Полученные аккомодограммы оценивались визуально и количественно. Количественная оценка аккомодограмм, полученных на аппарате Righton Speedy-K ver. MF-1, выполнена по методике Жарова — Егоровой [5]. Проводился подсчет коэффициента аккомодационного ответа (КАО), характеризующего соотношения силы аккомодационного ответа по отношению к величине аккомодационного стимула, а также микрофлюктуационного коэффициента (КМФ), характеризующего частоту аккомодационных микрофлюктуаций волокон цилиарной мышцы в процессе их сокращения. КАО для каждого шага аккомодограммы вычисляли по формуле  $КАО = АО/АС$ , где АО — величина аккомодационного ответа в диоптриях, АС — величина аккомодационного стимула в диоптриях. Средний КАО для всей аккомодограммы вычисляли по формуле  $КАО_{ср} = \sum КАО/n$ , где  $КАО_{ср}$  — средняя величина КАО для каждого уровня аккомодационного стимула;  $\sum КАО_n$  — сумма КАО всех столбцов измерений; n — количество столбцов измерений. КМФ вычисляли по формуле  $КМФ = НФСр = \sum НФС_n/n$ , где НФС<sub>n</sub> — частота микрофлюктуаций каждого измерения, n — количество столбцов измерений.

Статистическая обработка результатов проводилась с помощью программы Microsoft Excel 2010 с вычислением критерия Стьюдента.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Обследование показало, что аккомодационные функции у современных школьников-миопов несколько отличаются от традиционно описываемых в литературе. По данным литературы, при проведении аккомодографии на приборе Righton Speedy-K ver. MF-1 величина аккомодационного ответа у здоровых эметропов в норме не достигает величины аккомодационного стимула, а отстает от него в среднем на 20%, составляя 0,7–0,8. КМФ в норме колеблется от 50 до 62 микрофлюктуаций в минуту [5]. Полученные средние значения КАО и КМФ в группах обследованных школьников представлены в таблице.

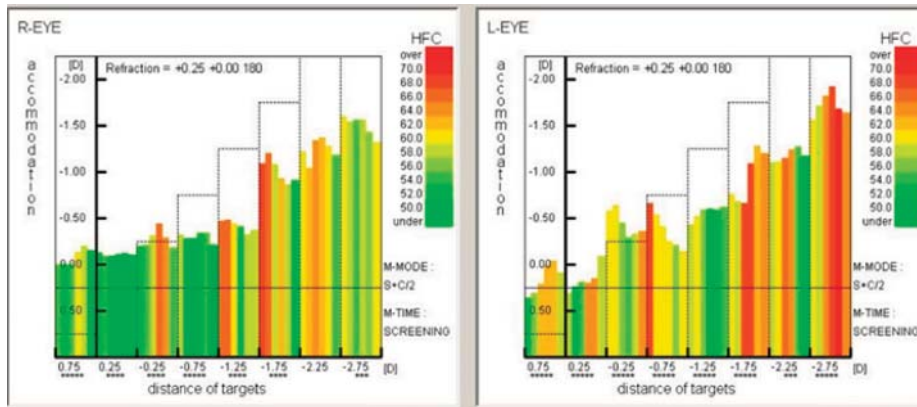
**Таблица.** Значения КАО и КМФ, определенных с помощью авторефрактометра с функцией аккомодографии Righton Speedy-K ver. MF-1

**Table.** Coefficient of accommodative response (CAR) and coefficient of microfluctuations (CMF) values as determined by autorefractometer with an accommodography function Righton Speedy-K ver. MF-1

Рефракция Refraction	КАО CAR	КМФ (мкф/мин) CMF (mcf/min)
Миопия слабой степени Low myopia	0,94 ± 0,27	65,664 ± 1,140
Миопия средней степени Moderate myopia	0,658 ± 0,790	63,781 ± 0,540
Миопия высокой степени High myopia	0,592 ± 0,320	65,529 ± 0,740
Эметропия Emmetropia	0,823 ± 0,140	63,811 ± 1,260

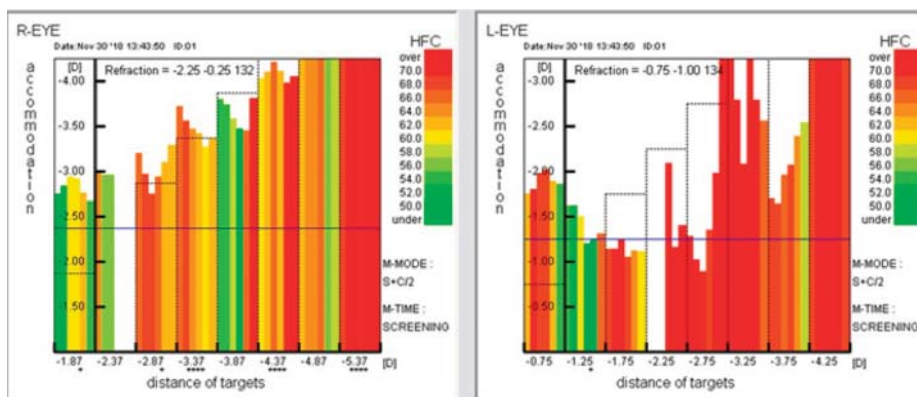
Проведенные исследования показали, что в группе пациентов с эмметропией, (контрольной) среднее значение КАО соответствовало верхней границе средней нормы по данным литературы (0,7–0,8) и составляло  $0,82 \pm 0,14$ . Значение КМФ превышало норму (50–62) и составляло

$63,81 \pm 1,26$  мкф/мин. На аккомодограммах у большинства детей отмечается высокий аккомодационный ответ и преобладание высокочастотных аккомодационных микрофлуктуаций (диаграммы оранжевого и красного цвета). При этом у большинства детей отмечается устойчивый аккомодационный ответ и равномерное его повышение с увеличением значения аккомодационного стимула (рис. 1).



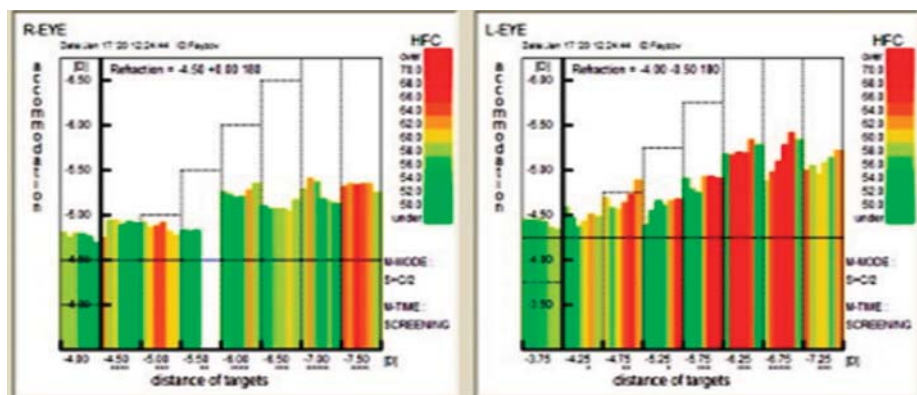
**Рис. 1.** Аккомодограмма ребенка с эмметропией. Авторефрактометр Righton Speedy-K ver. MF-1

**Fig. 1.** Accommodogram of a child with emmetropia. Autorefractometer Righton Speedy-K ver. MF-1



**Рис. 2.** Аккомодограмма ребенка с миопией слабой степени. Авторефрактометр Righton Speedy-K ver. MF-1

**Fig. 2.** Accommodogram of a child with mild myopia. Autorefractometer Righton Speedy-K ver. MF-1



**Рис. 3.** Аккомодограмма ребенка с миопией средней степени. Авторефрактометр Righton Speedy-K ver. MF-1

**Fig. 3.** Accommodogram of a child with moderate myopia. Autorefractometer Righton Speedy-K ver. MF-1

Необычным оказался аккомодационный ответ в группе детей с миопией слабой степени. Аккомодограммы демонстрировали неустойчивость аккомодационного ответа и неравномерное его нарастание, что свидетельствует о спастическом состоянии мышечного компонента аккомодационного аппарата. У большинства этих пациентов на протяжении одной аккомодограммы отмечалось как выраженное отставание аккомодационного ответа, так и превышение величины аккомодационного ответа над величиной аккомодационного стимула. В целом средний КАО в этой группе составил  $0,943 \pm 0,270$ . На аккомодограммах также отмечалось преобладание высокочастотных аккомодационных микрофлуктуаций (КМФ =  $65,664 \pm 1,140$  мкф/мин) (рис. 2).

В группе детей с миопией средней степени аккомодационный ответ был слабее, чем у миопов слабой степени и эмметропов. Величина аккомодационного ответа в этой группе пациентов составляла 60–70% от величины аккомодационного стимула ( $0,658 \pm 0,790$ ). Аккомодационный ответ характеризовался неравномерным и недостаточным ростом при увеличении стимула и неустойчивостью. При увеличении аккомодационного стимула до 2,0 D и выше на аккомодограммах появлялись «провалы», показывающие отсутствие аккомодационного ответа на предъявляемый стимул. Что касается частоты аккомодационных микрофлуктуаций, то она также превышала средние нормальные значения и составляла  $63,78 \pm 0,54$  мкф/мин (рис. 3).

У пациентов с высокой близорукостью характер аккомодационного ответа был таким же, как и в группе пациентов с близорукостью средней степени: КАО составил  $0,59 \pm 0,32$ ; КМФ =  $65,53 \pm 0,74$  мкф/мин. Аккомодограммы у детей с высокой миопией также характеризовались сниженным аккомодационным ответом и неустойчивостью при высокой частоте аккомодационных микрофлуктуаций (рис. 4).

При статистической обработке результатов установлено, что КАО не различался в группах с миопией слабой степени и эмметропией, а также в группах с миопией средней и высокой

степени. Статистически значимыми ( $p \leq 0,05$ ) оказались различия величины КАО между группами с эмметропией и миопией слабой степени, с одной стороны, и миопией средней и высокой степени, с другой. Статистически значимых различий показателя КМФ во всех группах обследованных детей не было обнаружено. У всех отмечено повышение частоты аккомодационных микрофлуктуаций по сравнению с нормальными значениями.

Проведенное исследование показало, что в целом прогрессирование близорукости сопровождается ослаблением аккомодационной функции, о чем свидетельствует уменьшение величины аккомодационного ответа у детей с миопией средней и высокой степени. Однако в патогенезе прогрессирующей миопии у современных школьников все большее значение приобретает спастический аккомодационный компонент. По-видимому, это связано с высокой зрительной нагрузкой, обусловленной не только интенсивными школьными занятиями, но и бесконтрольным использованием детьми электронных устройств (смартфонов и планшетов).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У современных школьников, использующих электронные гаджеты, значительно выражен спастический компонент аккомодации, что проявляется патологическим увеличением частоты аккомодационных микрофлуктуаций и появлением эпизодов превышения величины аккомодационного ответа по отношению к аккомодационному стимулу, особенно при миопии слабой степени.

### Литература/References

1. Проскурина О.В., Маркова Е.Ю., Бржеский В.В. и др. Распространенность миопии у школьников некоторых регионов России. Офтальмология.

**Вклад авторов в работу:** О.В. Жукова — разработка концепции и дизайна исследования, значимая переработка содержательной части статьи; А.В. Золотарев — финальная подготовка проекта статьи к публикации; М. Абида — значимое участие в разработке концепции и дизайна исследования, в сборе данных и их интерпретации.

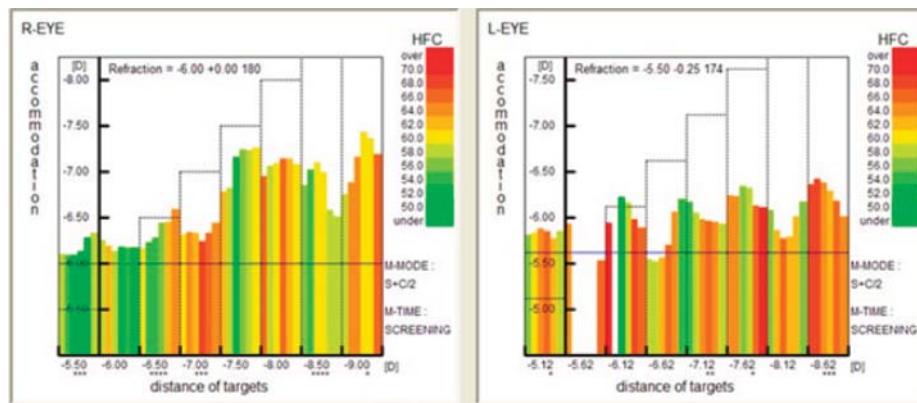
**Authors' contribution:** O.V. Zhukova — conceptualization and design of the study, article editing; Andrey V. Zolotarev — final preparation of the article; Mahdi Abida — conceptualization and design of the study, data collection and interpretation.

Поступила: 08.02.2022. Переработана: 05.03.2022. Принята к печати: 06.03.2022  
Originally received: 08.02.2022. Final revision: 05.03.2022. Accepted: 06.03.2022

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

ФГБОУ ВПО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Чапаевская, д. 89, Самара, 443099, Россия  
**Ольга Владимировна Жукова** — д-р мед. наук, доцент кафедры офтальмологии  
**Андрей Владимирович Золотарев** — д-р мед. наук, доцент, заведующий кафедрой офтальмологии  
**Абида Махди** — аспирант кафедры офтальмологии  
Для контактов: Ольга Владимировна Жукова,  
olga-g@list.ru

Samara State Medical University, 89, Chapaevskaya St., Samara, 443099, Russia  
**Olga V. Zhukova** — Dr. of Med. Sci., Associate professor of chair of ophthalmology  
**Andrey V. Zolotarev** — Dr. of Med. Sci., associate professor, head of chair of ophthalmology  
**Mahdi Abida** — PhD student, chair of ophthalmology  
Contact information: Olga V. Zhukova,  
olga-g@list.ru



**Рис. 4.** Аккомодограмма ребенка с миопией высокой степени. Авторефрактометр Righton Speedy-K ver. MF-1

**Fig. 4.** Accommodogram of a child with high-degree myopia. Autorefractometer Righton Speedy-K ver. MF-1


2018; 15 (3): 348–53. [Proskurina O.V., Markova E.Yu., Brzheskiy V.V., et al. The prevalence of myopia in schoolchildren in some regions of Russia. Ophthalmology in Russia. 2018; 15 (3): 348–53 (in Russian)]. doi: 10.18008/1816-5095-2018-3-348-353

2. Аветисов Э.С. Близорукость. Москва: Медицина; 1986. [Avetisov E.S. Myopia. Moscow: Meditsina; 1986 (in Russian)].
3. Волков В.В. О вероятных механизмах миопизации глаза в школьные годы. Офтальмологический журнал. 1988; 3: 129–32. [Volkov V.V. About the probable mechanisms of myopization of the eye in school years. Oftal'mologicheskij Jurnal. 1988; 3: 129–32 (in Russian)].
4. Жукова О.В., Егорова А.В. Компьютерная аккомодография. В кн.: Катаргина Л.А., ред. Аккомодация. Руководство для врачей. Москва: Апрель; 2012: 63–7. [Zhukova O.V., Egorova A.V. Computer accommodography. In: Katargina L.A., ed. Accommodation: A guide for doctors. Moscow: April; 2012: 63–7 (in Russian)].
5. Жаров В.В., Никишин Р.А., Егорова А.В., Лялин А.Н., Конкова Л.В. Клиническая оценка состояния аккомодации с помощью метода компьютерной аккомодографии. В кн.: Ерошевские чтения. Самара: Офорт; 2007: 437–40. [Zharov V.V., Nikishin R.A., Egorova A.V., Lyalin A.N., Konkova L.V. Clinical assessment of the state of accommodation using the method of computer accommodography. In: Eroshesky readings. Samara: Ophort; 2007: 437–40 (in Russian)].

<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-61-68>



# Выбор тактики хирургического лечения сосудистых бельм на основе импрессионной цитологии

И.А. Злобин , С.В. Чурашов, А.Н. Куликов, В.С. Чирский, В.Ф. Черныш, И.О. Гаврилюк

ФГБВОУ ВПО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ, ул. Академика Лебедева, д. 6, Санкт-Петербург, 194044, Россия

**Цель работы** — с помощью метода импрессионной цитологии (ИЦ) дать клинко-морфологическую оценку фенотипа эпителия роговицы при тотальных сосудистых бельмах различной этиологии и определить оптимальную тактику хирургического лечения. **Материал и методы.** Под наблюдением находилось 44 пациента (44 глаза) с сосудистыми бельмами роговицы различной этиологии, которым перед оптической кератопластикой выполняли ИЦ. По результатам ИЦ пациентов разделили на 2 группы. В группу 1 вошли 30 пациентов, у которых, по данным ИЦ, эпителий оказался роговичным. Этим пациентам выполнена сквозная кератопластика (СК). Группу 2 составили 14 пациентов, у которых выявлен эпителий конъюнктивального фенотипа. Восемь из них роговичный фенотип эпителия был восстановлен с помощью операции лимбальной трансплантации, после чего этим пациентам также выполнили СК. Остальным пациентам группы по разным причинам операция не проводилась. **Результаты.** В отдаленном послеоперационном периоде (через 9–12 мес) острота зрения (с коррекцией) пациентов 1-й группы колебалась в пределах 0,3–0,6 (в ср.  $0,45 \pm 0,07$ ). У 3 (10%) пациентов отмечали рецидив бельма. Во 2-й группе у 5 пациентов после лимбальной трансплантации (первого этапа хирургического лечения) и СК наблюдали прозрачное бессосудистое приживление кератотрансплантатов, острота зрения с коррекцией составила 0,1–0,5 (в ср.  $0,37 \pm 0,12$ ), рецидив бельма отмечен у одного (20%) пациента. **Заключение.** Импрессионная цитология является доступной, малоинвазивной методикой диагностики, позволяющей проводить клинко-морфологическую оценку фенотипа эпителия, покрывающего сосудистое бельмо, и аргументированно определить показания к выбору той или иной тактики хирургического лечения таких больных.

**Ключевые слова:** импрессионная цитология; роговица; лимбальная недостаточность; бельмо роговицы

**Конфликт интересов:** отсутствует.

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

**Для цитирования:** Злобин И.А., Чурашов С.В., Куликов А.Н., Чирский В.С., Черныш В.Ф., Гаврилюк И.О. Выбор тактики хирургического лечения сосудистых бельм на основе импрессионной цитологии. Российский офтальмологический журнал. 2022; 15 (2) (Приложение): 61–8. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-61-68>

## Choosing the tactics of surgical treatment of vascular leukomas based on impression cytology

Ilya A. Zlobin , Sergei V. Churashov, Alexey N. Kulikov, Vadim S. Chirsky, Valery F. Chernysh, Ilya O. Gavrilyuk

S.M. Kirov Military Medical academy, 6, Academician Lebedev St., St. Petersburg, 194044, Russia  
iliavma2020@gmail.com

**Purpose:** to provide clinical and morphological evaluation of the corneal epithelium phenotype in total vascular leukomas of varied etiologies and determine the optimal surgical treatment using impression cytology (IC). **Materials and methods.** 44 patients (44 eyes) with corneal vascular leukomas of various etiologies underwent optic keratoplasty preceded by IC. The patients were divided into 2 groups according to IC findings. Group 1 included 30 patients who were shown by IC to have corneal epithelium. These patients received penetrating keratoplasty (PK). Group 2 consisted of 14 patients whose epithelium was determined to be of conjunctival phenotype. Eight of group 2

patients had their corneal epithelium phenotype restored by limbal transplantation followed by PK. The remaining patients of group 2 were not operated for various reasons. **Results.** In the remote postoperative period (9–12 months after the operation) corrected visual acuity of group 1 patients ranged from 0.3 to 0.6 (ave.  $0.450 \pm 0.073$ ). A relapse of corneal leukoma was observed in three patients of group 1 (10%). In group 2, a transparent vascular-free engraftment of keratoplasts was observed in 5 patients after limbal transplantation (the first stage of surgical treatment) and PK, their corrected visual acuity ranged from 0.1 to 0.5 (ave  $0.37 \pm 0.12$ ), 1 (20%) patient had a relapse of the leukoma. **Conclusions.** Impression cytology is an acceptable and low invasive diagnostic technique that allows clinical and morphological evaluation of the epithelium phenotype that covers the vascular leukoma and helps determine validated indications for the choice of a surgical treatment technique for such patients.

**Keywords:** impression cytology; cornea; limbal stem cells deficiency; corneal leukoma

**Conflict of interests:** there is no conflict of interests.

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

**For citation:** Zlobin I.A., Churashov S.V., Kulikov A.N., Chirsky V.S., Chernysh V.F., Gavriyuk I.O. Choosing the tactics of surgical treatment of vascular leukomas based on impression cytology. Russian ophthalmological journal. 2022; 15 (2) (supplement): 61-8 (In Russian). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-61-68>

Импрессионная цитология (ИЦ) (от лат. impressio — воздействие, вдавливание) — минимально инвазивный метод цитологического исследования эпителия роговицы и конъюнктивы с применением для забора клеточного материала сорбирующих аппликаторов [1–3].

Появление концепции лимбальных эпителиальных стволовых клеток (ЛЭСК) и необходимость уточнения показаний к оптической кератопластике открыли новые диагностические возможности ИЦ как метода определения фенотипа эпителия, покрывающего сосудистое бельмо [4]. Согласно этой концепции, базальные клетки роговичной части лимба, расположенные в складках палисад Vogt роговичной части лимба, являются олигопотентными стволовыми клетками эпителия роговицы. ЛЭСК в течение жизни обеспечивают в процессе деления клеток постоянную эпителиальную массу роговицы и заживление ее эпителиальных дефектов. Они также являются естественным барьером для нарастания на роговицу конъюнктивального эпителия. Тотальная гибель ЛЭСК клинически проявляется состоянием, получившим название «недостаточность эпителиальных стволовых клеток лимба» (кратко — лимбальная недостаточность, ЛН). Данное состояние проявляется появлением персистирующих или рецидивирующих эрозий роговицы с исходом в конъюнктивализацию и неоваскуляризацию ее стромы. Причинами возникновения ЛН являются различные заболевания и травматические повреждения лимбальной зоны [5, 6]. Таким образом, поверхность васкуляризованной роговицы может быть полностью или частично покрыта конъюнктивальным эпителием. Но это может быть и роговичный эпителий, так как причиной васкуляризации роговицы может быть не только ЛН.

Сквозная кератопластика (СК) на глазах с сосудистыми бельмами, покрытыми конъюнктивальным эпителием (тотальная ЛН), обречена на неудачу ввиду неизбежности конъюнктивализации трансплантата и относится к так называемым кератопластикам высокого риска. Такая операция может быть успешной только после устранения ЛН с восстановлением нормального эпителиального покрова роговицы. Это достигается посредством предварительной операции пересадки на глазную поверхность стволовых клеток роговичного эпителия — лимбальной трансплантации (ЛТ) [7].

В связи с этим при планировании оптической операции на глазу с сосудистым бельмом роговицы очень важно определить фенотип покрывающего ее эпителия. Среди всех признаков только наличие в эпителии бокаловидных клеток (БК), характерных для конъюнктивального эпителия, достоверно подтверждает диагноз ЛН [7].

Данная работа посвящена изучению возможностей ИЦ в оценке фенотипа эпителия сосудистых бельм роговицы различной этиологии при определении показаний к оптической операции.

**ЦЕЛЬ** работы — с помощью импрессионной цитологии дать клиничко-морфологическую оценку фенотипа эпителия роговицы при тотальных сосудистых бельмах различной этиологии и определить оптимальную тактику хирургического лечения.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Под наблюдением было 44 пациента (44 глаза). При поступлении в клинику пациенты предъявляли жалобы на низкую остроту зрения и помутнение роговицы. На всех глазах наблюдались тотальные сосудистые бельма роговицы различной этиологии (табл. 1).

Всем пациентам при поступлении выполняли стандартное офтальмологическое обследование.

Морфологическое исследование эпителия, покрывающего бельмо роговицы, выполняли усовершенствованным на кафедре офтальмологии им. профессора В.В. Волкова ВМедА методом ИЦ.

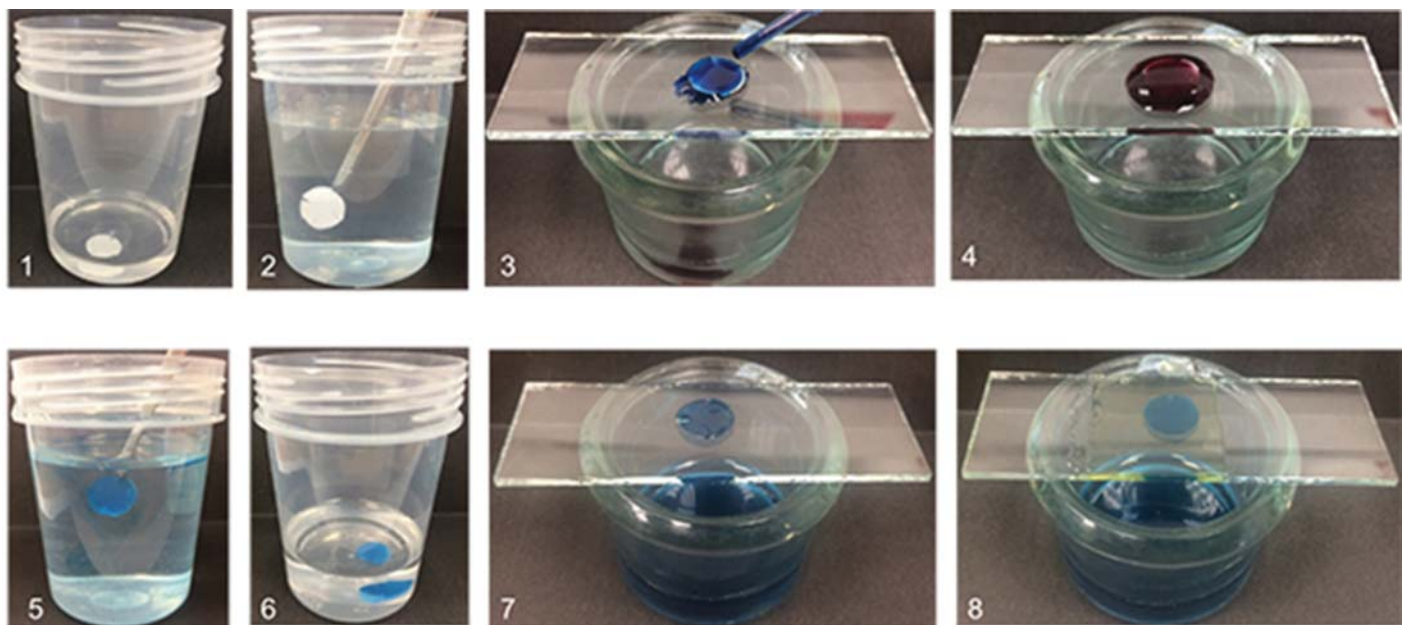
Забор клеточного материала производили путем аппликации адаптированного под глазную поверхность ацетатцеллюлозного аппликатора (АЦА) (MCE membrane pore  $0,45 \mu\text{m}$ , diameter 8 mm, Biolot, Россия) на поверхность роговицы при условном разделении ее на 4 квадранта после предварительной эпibuльбарной анестезии трехкратным закапыванием 0,5% раствора проксиметакаина. Для равномерного прилегания к поверхности роговицы на АЦА наносили 4 секторальных разреза до оптической зоны. Экспозиция аппликации — 10 с.

Для контроля достоверности метода ИЦ проводили гистологическое исследование эпителия трепанированных в ходе СК роговичных дисков реципиентов и удаленных в ходе поверхностной кератэктомии тканей бельма.

После забора материала диск фиксировали в течение 5 мин в 96° этиловом спирте, затем его промывали дистиллированной водой в течение 2 мин и окрашивали гематоксилином и аляциановым синим. После окраски диск в течение минуты промывали водой. Для улучшения качества микропрепаратов к стандартной методике окраски применяли проводку через спирты (этиловый спирт на 5–10 мин, далее — изопропиловый спирт 5 мин). После этого диск выкладывали на предметное стекло, просветляли ксилолом и заключали под покровное стекло (рационализаторское предложение № 13663/6) (рис. 1).

**Таблица 1.** Общая характеристика пациентов с тотальными сосудистыми бельмами роговицы различной этиологии  
**Table 1.** General characteristics of patients with total corneal vascular leukomas of various etiology

Этиология сосудистых бельм Etiology of vascular leukomas	Количество пациентов Number of patients	Количество глаз Number of eyes	Мужчины Male	Женщины Female	Средний возраст, лет Mean age, yrs
Эпителиально-эндотелиальная дистрофия III–IV стадии Bullous dystrophy stage III–IV	10	10	6	4	56,2
Рецидивирующий метагерпетический кератит Recurrent metaherpetic keratitis	5	5	2	3	50,2
Рецидив бельма после традиционной оптической сквозной кератопластики Leucoma recurrence after traditional optical penetrating keratoplasty	10	10	8	2	60,7
Химические ожоги Chemical burns	10	10	7	3	44,6
Посттравматическое бельмо роговицы Post-traumatic corneal leukoma	5	5	3	2	30,6
Бельмо в исходе обширной язвы роговицы Corneal leukoma after extensive corneal ulcer	4	4	3	1	40,5
Итого Total	44	44	29	15	—



**Рис. 1.** Этапы приготовления цитологического микропрепарата: 1 — фиксация клеточного материала в этиловом спирте, 2 — промывка дистиллированной водой, 3 — окраска альциановым синим, 4 — окраска гематоксилином, 5, 6 — проводка и обезвоживание препарата в этиловом и изопропиловом спиртах, 7 — просветление ацетатцеллюлозного аппликатора ксилолом, 8 — заключение под покровное стекло  
**Fig. 1.** Preparation stages of cytological micropreparation: 1 — fixation of cellular material in ethanol, 2 — washing in distilled water, 3 — staining with alcian blue, 4 — staining with hematoxylin, 5, 6 — conducting and dehydration of the preparation in ethyl and isopropyl alcohol, 7 — clarification of acetate cellulose applicator with xylene, 8 — placing under a coverslip

Цитологическое исследование препаратов проводилось с помощью светооптического микроскопа «Микмед-6» («ЛОМО», Россия) при увеличении 400 с последующей фоторегистрацией.

При проведении световой микроскопии оценивали клеточный состав и морфофункциональное состояние эпителиальных клеток. Бокаловидные клетки (БК) в составе эпителия выявляли по характерной голубой окраске цитоплазмы и смещенному к периферии фиолетовому ядру, что свидетельствовало о наличии у пациентов ЛН (рис. 2).

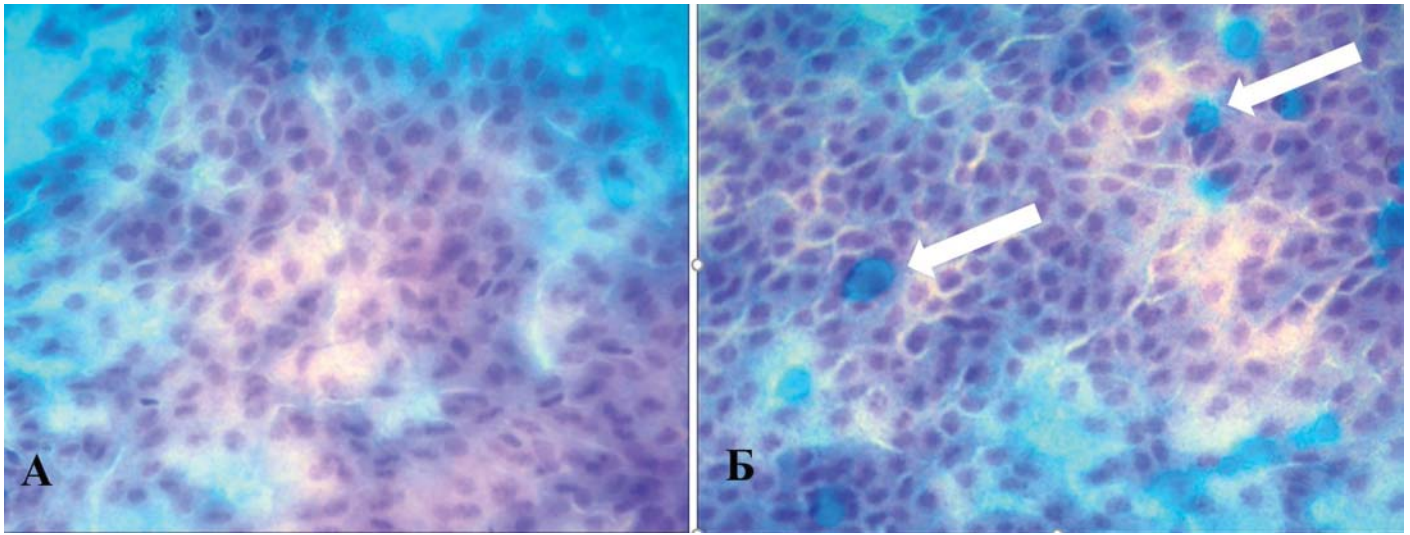
Подготовку гистологических препаратов осуществляли по стандартной методике, проводя ШИК-реакцию с целью

выявления БК. По результатам ИЦ (по наличию или отсутствию БК в составе эпителия) пациентов разделили на 2 группы.

Группа 1 — пациенты, у которых БК в эпителии бельма обнаружены не были (эпителий роговичного фенотипа). Всем пациентам этой группы выполнена СК.

Группа 2 — с наличием в эпителии БК, свидетельствовавшем о конъюнктивальном фенотипе эпителия. Пациентам этой группы первым этапом с целью восстановления нормального эпителиального покрова роговицы выполнили поверхностную кератэктомию с аутологичной или аллогенной ЛТ [8]. При выполнении аллогенной ЛТ иммуносупрес-





**Рис. 2.** Выявление бокаловидных клеток. А — эпителий роговичного фенотипа (бокаловидные клетки отсутствуют); Б — эпителий конъюнктивального фенотипа (отмечается наличие бокаловидных клеток — белые стрелки). × 400

**Fig. 2.** Goblet cells detection. А — epithelium of corneal phenotype (goblet cells are absent); В — epithelium of conjunctival phenotype (presence of goblet cells, is shown with white arrows). × 400

сия не проводилась. В таких случаях пациентов предварительно информировали о большой вероятности рецидива конъюнктивализации роговицы в исходе операции. Через 3–5 мес повторно выполняли оценку зрительных функций и ИЦ. После этого в зависимости от результатов ИЦ по показаниям выполняли СК.

После ЛТ послеоперационное ведение в обеих группах было аналогичным и включало антибактериальную, длительную стероидную и кератопротекторную терапию. На глазную поверхность надевали мягкую контактную линзу, которую рекомендовали менять раз в неделю до снятия узловых швов. Срок наблюдения пациентов обеих групп составлял не менее года.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

По результатам ИЦ в группу 1 вошли 30 пациентов (30 глаз), у которых был выявлен эпителий роговичного фенотипа (без наличия БК) на поверхности бельма. Причинами бельма были эпителиально-эндотелиальная дистрофия (ЭЭД) III–IV стадии (n = 7), рецидивирующий метагерпетический кератит (n = 5), рецидив бельма после традиционной оптической сквозной кератопластики (n = 8), тяжелый химический ожог (n = 3), посттравматическое бельмо (n = 4), бельмо в исходе обширной язвы роговицы (n = 3) (табл. 2).

В группу 2 вошли 14 пациентов (14 глаз), у которых был выявлен эпителий конъюнктивального фенотипа. Причинами бельма были ЭЭД III–IV стадии (n = 3), рецидив бельма после традиционной оптической сквозной кератопластики (n = 2), тяжелые химические ожоги (n = 7), посттравматическое бельмо (n = 1), бельмо в исходе обширной язвы роговицы (n = 1) (табл. 3).

**Таблица 2.** Доля пациентов группы 1 с сосудистым бельмом различной этиологии с роговичным фенотипом эпителия

**Table 2.** Patients of group 1 with vascular leukoma of different etiology and corneal epithelial phenotype

Этиология сосудистого бельма Etiology of vascular leukoma	Количество пациентов Number of patients	Доля пациентов с роговичным эпителием, % Proportion of patients with corneal epithelium, %
Эпителиально-эндотелиальная дистрофия III–IV стадии Bullous dystrophy stage III–IV	7	23,34
Рецидивирующий метагерпетический кератит Recurrent metaherpetic keratitis	5	16,67
Рецидив бельма после традиционной оптической сквозной кератопластики Leukoma recurrence after traditional optical penetrating keratoplasty	8	26,67
Тяжелый химический ожог Chemical burns	3	10
Посттравматическое бельмо Post-traumatic corneal leukoma	4	13,34
Бельмо в исходе обширной язвы роговицы Corneal leukoma after extensive corneal ulcer	3	10
Итого Total	30	100

Таким образом, основными этиологическими факторами, приводящими к формированию васкуляризованного бельма при сохранности роговичного фенотипа эпителия, являются ЭЭД и болезнь трансплантата. При этом сосудистые бельма с конъюнктивализацией чаще формируются после тяжелых химических ожогов.

Предоперационная острота зрения пациентов обеих групп колебалась от 0,001 (движение руки у лица) до 0,08 (в среднем  $0,016 \pm 0,001$ ).

При биомикроскопии на глазах пациентов обеих групп определялась как поверхностная, так и глубокая (или смешанная) васкуляризация роговицы, которая в основном

охватывала большую часть бельма. Прозрачность роговицы была снижена. Структуры передней камеры в большинстве случаев просматривались нечетливо или не определялись совсем (рис. 3).

Пациентам 1-й группы была выполнена СК. При гистологическом исследовании эпителия роговичных дисков, иссеченных при СК у всех пациентов этой группы, БК в его составе не обнаружено (рис. 4). Таким образом, была подтверждена высокая информативность предоперационной ИЦ.

Через 3 мес у всех пациентов 1-й группы после СК наблюдали прозрачное приживление и бессосудистую эпителизацию пересаженных кератотрансплантатов. Острота зрения (с коррекцией) в группе была равна 0,2–0,4 (в среднем  $0,36 \pm 0,01$ ).

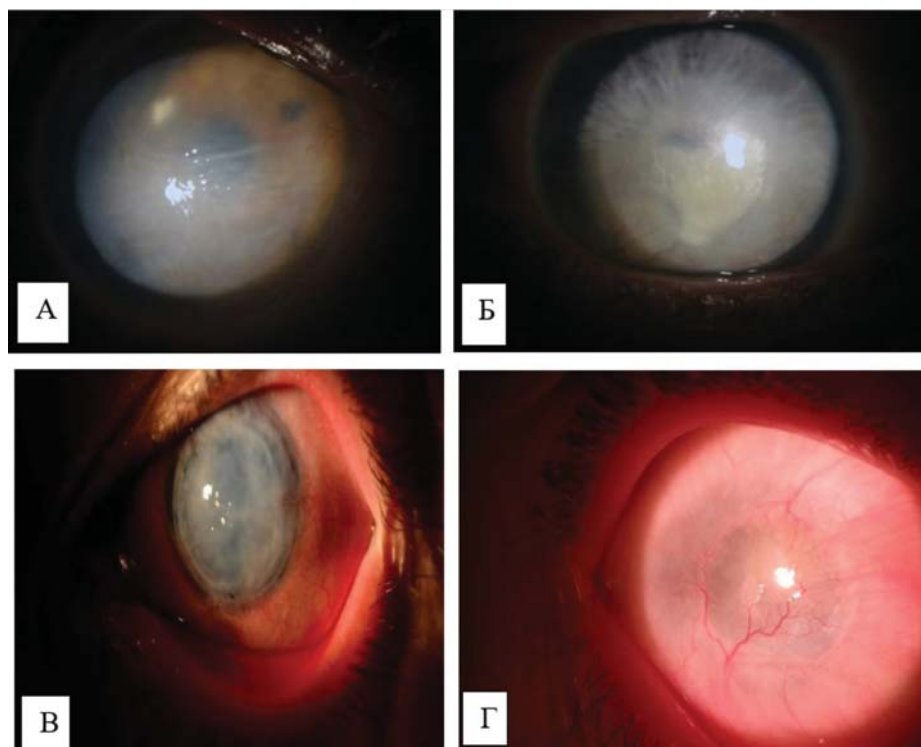
Во 2-й группе 5 пациентам с послеожоговыми бельмами была выполнена конъюнктивно-лимбальная аутооттрансплантация. Двум пациентам была выполнена конъюнктивно-лимбальная аллотрансплантация (донор — мать): одному с послеожоговым бельмом и другому — с бельмом в исходе язвы роговицы. Еще одному пациенту группы по поводу послеожогового бельма провели роговично-лимбальную аллотрансплантацию с использованием лимба кадаверного глаза. Всего было прооперировано 8 пациентов. Трех другим пациентам данной группы операция не проводилась по причине тяжелого синдрома сухого глаза. Еще три пациента от хирургического лечения воздержались.

У всех 8 прооперированных пациентов 2-й группы в эпителии иссеченного в ходе поверхностной кератэктомии фиброваскулярного паннуса роговицы БК обнаружены в составе покровного цилиндрического эпителия и по данным гистологического исследования (рис. 5).

Через 3 мес у 7 пациентов 2-й группы после поверхностной кератэктомии с конъюнктивно-лимбальной трансплантацией (5 — аутологичной и 2 — аллогенной) наблюдали приживление лимбальных трансплантатов и полную эпителизацию роговицы с заметным уменьшением васкуляризации стромы и ее некоторым просветлением. Острота зрения в группе варьировала от 0,03 до 0,4 (в среднем  $0,05 \pm 0,02$ ). Во всех 7 случаях роговица была покрыта эпителием роговичного фенотипа (без БК). Один из этих 7 пациентов от операции СК воздержался, так как строма роговицы после аутологичной ЛТ была практически прозрачной, и острота зрения глаза равнялась 0,4. У других 6 пациентов в связи с остаточным помутнением стромы и низкой остротой зрения выполнили СК (рис. 6).

**Таблица 3.** Доля пациентов группы 2 с сосудистым бельмом различной этиологии и конъюнктивальным фенотипом эпителия  
**Table 3.** Patients of group 2 with vascular leukoma of different etiology and conjunctival epithelial phenotype

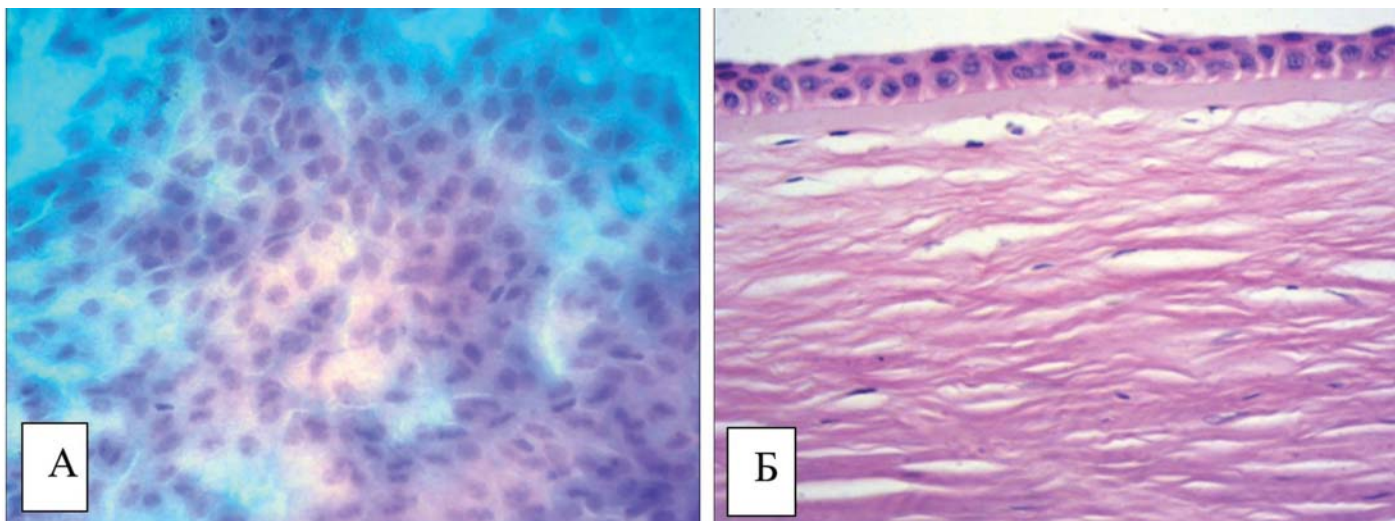
Этиология сосудистого бельма Etiology of vascular leukoma	Количество пациентов Number of subjects	Доля пациентов с конъюнктивальным эпителием, % Proportion of patients with conjunctival epitheli, %
Эпителиально-эндотелиальная дистрофия III–IV стадии Bullous dystrophy stage III–IV	3	21,42
Рецидивирующий метагерпетический кератит Recurrent metaherpetic keratitis	2	14,28
Тяжелые химические ожоги Chemical burns	7	50
Посттравматическое бельмо Post-traumatic corneal leukoma	1	7,15
Бельмо в исходе обширной язвы роговицы Corneal leukoma after extensive corneal ulcer	1	7,15
Итого Total	14	100



**Рис. 3.** Биомикроскопическая картина: А, Б — 1-я группа; В, Г — 2-я группа  
**Fig. 3.** Biomicroscopic picture: А, Б — group 1; В, Г — group 2

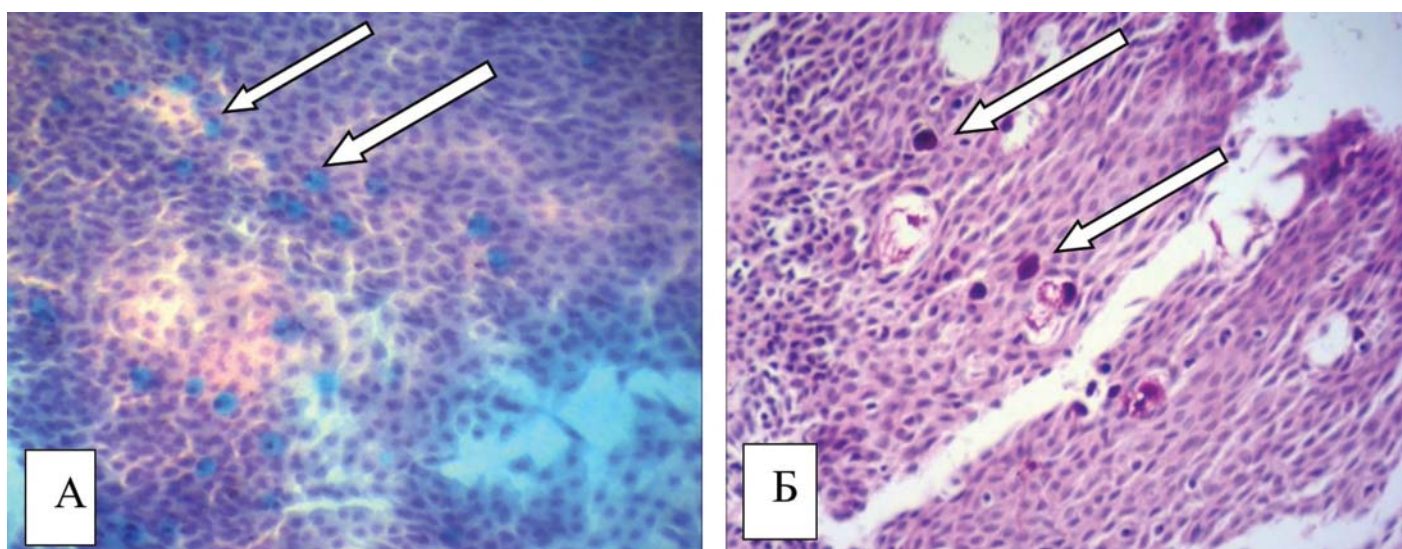
У 8-го пациента группы после роговично-лимбальной аллотрансплантации (по поводу послеожогового бельма) эпителизация роговицы шла медленно и завершилась через 4 нед после операции рецидивом фиброваскулярного паннуса. Бельмо по данным ИЦ было покрыто эпителием конъюнктивного фенотипа. В связи с этим СК этому пациенту не проводили.

Через 3 мес после операции все 6 кератотрансплантатов сохраняли прозрачность и аваскулярность. Острота зрения у этих пациентов варьировала от 0,03 до 0,4 (в среднем  $0,10 \pm 0,08$ ).



**Рис. 4.** Пациент 1-й группы: и по результатам импрессионной цитологии (А), и по данным гистологического исследования (Б) выявлен эпителий роговичного фенотипа. × 400

**Fig. 4.** Patient of group: corneal epithelial phenotype was detected by impression cytology (A) and histological examination (B). × 400



**Рис. 5.** Пациент 2-й группы: и по результатам импрессионной цитологии (А), и по данным гистологического исследования (Б) выявлен эпителий конъюнктивального фенотипа с наличием бокаловидных клеток (белые стрелки). × 400

**Fig. 5.** Both impression cytology (A) and histological examination (B) revealed a conjunctival epithelial phenotype with the presence of goblet cells (white arrows). × 400

В отдаленном послеоперационном периоде (через 9–12 мес) острота зрения пациентов 1-й группы колебалась в пределах (с коррекцией) 0,3–0,6 (в среднем  $0,45 \pm 0,07$ ). У 3 из них наблюдали отек и помутнение стромы роговичного трансплантата с активным врастанием сосудов и рецидивом сосудистого бельма. Этиологическими причинами бельма были ЭЭД; рецидив бельма после традиционной оптической кератопластики по поводу бельма в исходе герпетического кератита; посттравматическое бельмо (рис. 7).

Во 2-й группе у 5 пациентов после СК наблюдали прозрачное бессосудистое приживление кератотрансплантатов. У этих пациентов роговица была покрыта эпителием роговичного фенотипа; острота зрения с коррекцией у них составила 0,1–0,5 (в среднем  $0,37 \pm 0,12$ ). Еще у одного пациента (которому выполнили конъюнктивно-лимбальную аллотрансплантацию) произошел рецидив фиброваскулярного

паннуса после СК, который, по данным ИЦ, оказался покрытым эпителием, содержащим БК.

## ОБСУЖДЕНИЕ

В проведенном исследовании усовершенствованная методика ИЦ позволила безошибочно определить фенотип эпителия роговичного бельма. Оказалось, что из 44 глаз с сосудистыми бельмами роговицы роговичный фенотип наблюдался на 30 (68,18%) глазах. Конъюнктивный эпителий отмечен в 14 (31,82%) глазах. Данные ИЦ во всех случаях были подтверждены гистологическим исследованием эпителия роговичных дисков, иссеченных из бельма при СК, и эпителия фиброваскулярного паннуса, удаленного при ЛТ в ходе поверхностной кератэктомии.

Результаты ИЦ явились основанием для дифференцированного выбора лечебной тактики: либо выполнения



**Рис. 6.** Пациенты 2-й группы через 3 мес после лимбальной трансплантации. А — пациент после конъюнктивно-лимбальной аутоотрансплантации, не нуждающийся в СК ввиду высокого зрения; Б — пациент после СК; В — пациент с рецидивом бельма после роговично-лимбальной аллотрансплантации с использованием лимба кадаверного глаза

**Fig. 6.** Group 2 patients 3 months after conjunctival-limbal autotransplantation. А — the patient after conjunctival limbal autotransplantation who does not need penetrating keratoplasty due to high visual function; Б — the patient underwent further penetrating keratoplasty; В — the patient with relapsed leukoma after corneal limbal allograft using the limbus of the cadaveric eye

СК (на глазах с роговичным эпителием бельма), либо ЛТ (при бельмах с эпителием конъюнктивного фенотипа). Успешный исход СК на глазах с установленным роговичным фенотипом эпителия, так же как и рецидивы фиброваскулярного паннуса при установленном конъюнктивном фенотипе эпителия, подтверждает диагностическую ценность ИЦ.

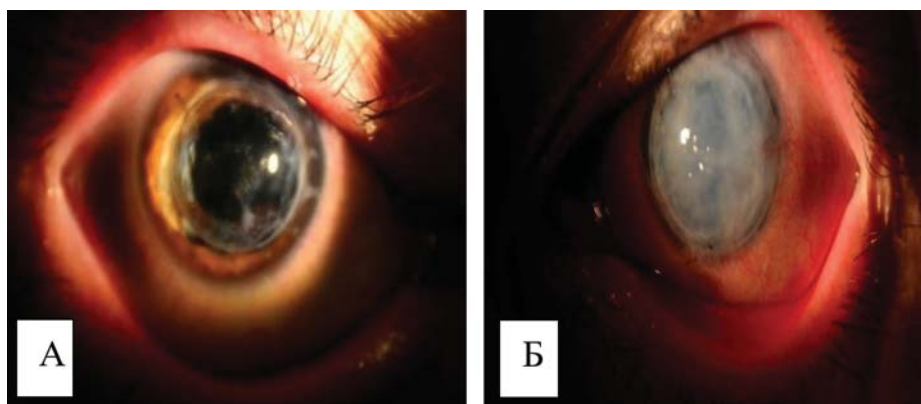
У 36 пациентов 1-й группы (с изначально роговичным фенотипом эпителия) и 2-й группы (с восстановленным после ЛТ роговичным фенотипом), которым была проведена СК, отмечалась быстрая эпителизация и преимущественно прозрачное бессосудистое приживление роговичных трансплантатов. Постепенное помутнение стромы у 3 пациентов 1-й группы в отдаленном периоде после СК, по-видимому, было обусловлено развитием болезни кератотрансплантата. Наблюдавшийся после проведенной роговично-лимбальной аллотрансплантации у одного пациента 2-й группы рецидив сосудистого бельма, по-видимому, был обусловлен низким пролиферативным потенциалом пересаженной трупной лимбальной ткани.

Причиной неудачи СК у одного пациента 2-й группы после конъюнктивно-лимбальной аллотрансплантации могло быть постепенное замещение пересаженной аллогенной лимбальной ткани конъюнктивным эпителием реципиента по причине недостаточной гистосовместимости.

Полученные данные подтвердили целесообразность исследования характера роговичного эпителия на глазах с сосудистыми бельмами с помощью ИЦ при решении вопроса о выборе оптимальной хирургической тактики.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Импрессионная цитология является доступной, малоинвазивной методикой диагностики, позволяющей проводить клинико-морфологическую оценку фенотипа эпителия,



**Рис. 7.** Пациенты с конъюнктивным фенотипом эпителия. А — прозрачное приживление кератотрансплантата, Б — рецидив бельма

**Fig. 7.** Patients with conjunctival epithelial phenotype. А — transparent engraftment of keratotransplant, Б — recurrence of corneal leukoma

покрывающего сосудистое бельмо, и аргументированно определять показания к выбору той или иной тактики хирургического лечения таких больных.

## Литература/References

1. Nelson J.D. Impression cytology. *Cornea*. 1988; 7 (1): 71–81.
2. Thatcher R.W., Darougar S., Jones B. Conjunctival impression cytology. *Arch. Ophthalmol.* 1977; 95 (4): 678–81. doi: 10.1001/archoph.1977.04450040144022
3. Egbert P.R., Lauber S., Maurice D.M. A simple conjunctival biopsy. *Am. J. Ophthalmol.* 1977; 84 (6): 798–801. doi: 10.1016/0002-9394(77)90499-8
4. Thoft R.A., Friend J. Biochemical transformation of regenerating ocular surface epithelium. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 1977; 16 (1): 14–20.
5. World Health Organization. Global data on visual impairments 2010. World Health Organization. Geneva: WHO; 2012: 17.
6. Куликов А.Н., Черныш В.Ф., Чурашов С.В. К совершенствованию классификации ожогов глаз. *Военно-медицинский журнал*. 2021; 342 (6): 19–26. [Kulikov A.N., Chernysh V.F., Churashov S.V. To improve the classification of eye burns. *Military Medical Journal*. 2021; 342 (6): 19–26 (in Russian)].
7. Deng S.X., Borderie V., Chan C.C. et al. Global consensus on definition, classification, diagnosis, and staging of limbal stem cell deficiency. *Cornea*. 2019; 38 (3): 364–437. doi: 10.1097/ICO.0000000000001820
8. Kenon K.R., Tseng S.C.G. Limbal autograft transplantation for ocular surface disorders // *Ophthalmol.* 1989; 96: 709–22. doi: 10.1016/s0161-6420(89)32833-8

**Вклад авторов в работу:** И.А. Злобин — сбор и обработка материалов, анализ полученных данных, написание текста, обзор литературы; С.В. Чурашов — концепция исследования, редактирование текста; А.Н. Куликов — финальная подготовка проекта статьи к публикации; В.С. Чирский — анализ полученных морфологических данных, редактирование текста; В.Ф. Черныш — анализ полученных данных и окончательное редактирование текста; И.О. Гаврилюк — сбор данных, анализ литературы.

**Authors' contribution:** I.A. Zlobin — data collection, processing and analysis, literature review; S.V. Churashov — concept and design of the study, text editing; A.N. Kulikov — final preparation of the manuscript; V.S. Chirsky — analysis of the morphological data, text editing; V.F. Chernysh — data analysis, editing of the article, I.O. Gavriilyuk — data collection, literature review.

*Поступила: 15.02.2022. Переработана: 24.02.2022. Принята к печати: 01.03.2022*  
*Originally received: 15.02.2022. Final revision: 24.02.2022. Accepted: 01.03.2022*

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*ФГБВОУ ВПО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ, ул. Академика Лебедева, д. 6, Санкт-Петербург, 194044, Россия*

**Илья Александрович Злобин** — ординатор кафедры офтальмологии им. профессора В.В. Волкова, ORCID 0000-0003-0981-8370

**Сергей Викторович Чурашов** — д-р мед. наук, профессор, профессор кафедры офтальмологии им. профессора В.В. Волкова, ORCID 0000-0003-1197-9237

**Алексей Николаевич Куликов** — д-р мед. наук, профессор, начальник кафедры и клиники офтальмологии им. профессора В.В. Волкова, ORCID 0000-0002-5274-6993

**Вадим Семенович Чирский** — д-р мед. наук, профессор, начальник кафедры патологической анатомии, ORCID 0000-0003-3215-3901

**Вадим Семенович Чирский** — д-р мед. наук, профессор, начальник кафедры патологической анатомии, ORCID 0000-0003-3215-3901

**Валерий Федорович Черныш** — канд. мед. наук, доцент, доцент кафедры офтальмологии им. профессора В.В. Волкова, ORCID 0000-0003-0122-4164

**Илья Олегович Гаврилюк** — канд. мед. наук, преподаватель кафедры офтальмологии им. профессора В.В. Волкова, ORCID 0000-0003-0932-2818

**Для контактов:** Илья Александрович Злобин,  
iliavma2020@gmail.com

*S.M. Kirov Military Medical academy, 6, Academician Lebedev St., St. Petersburg, 194044, Russia*

**Ilya A. Zlobin** — clinical resident, chair of ophthalmology named after Prof. V.V. Volkov, ORCID 0000-0003-0981-8370

**Sergei V. Churashov** — Dr. of Med. Sci., professor, professor of chair of ophthalmology named after Prof. V.V. Volkov, ORCID 0000-0003-1197-9237

**Alexey N. Kulikov** — Dr. of Med. Sci., professor, head of chair of ophthalmology named after Prof. V.V. Volkov, ORCID 0000-0002-5274-6993

**Vadim S. Chirsky** — Dr. of Med. Sci., professor, head chair of pathological anatomy, ORCID 0000-0003-3215-3901

**Valery F. Chernysh** — Cand. of Med. Sci., associate professor of chair of ophthalmology named after Prof. V.V. Volkov, ORCID 0000-0003-0122-4164

**Ilya O. Gavriilyuk** — Cand. of Med. Sci., lecturer of ophthalmology named after Prof. V.V. Volkov, ORCID 0000-0003-0932-2818

**Contact information:** Ilya A. Zlobin,  
iliavma2020@gmail.com

# Интеллектуальная система принятия решения для ранней диагностики макулярной патологии

Т.Г. Каменских<sup>1</sup> ✉, О.Н. Долинина<sup>2</sup>, И.О. Колбнев<sup>1</sup>, Е.В. Веселова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского» Минздрава России, ул. Б. Казачья, д. 112, Саратов, 410012, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина», Институт прикладных технологий и коммуникаций, ул. Политехническая, д. 77, Саратов, 410054, Россия

**Цель исследования** — разработка программной технологии на основе методов искусственного интеллекта для анализа больших объемов данных оптической когерентной томографии (ОКТ) с целью выявления ранних симптомов возрастной макулярной дегенерации (ВМД), а также перехода сухой формы ВМД в неоваскулярную ВМД (нВМД). **Материал и методы.** Пациенты с сухой ВМД (1125 глаз), влажной нВМД (1200 глаз) и лица без офтальмопатологии (1205 глаз) были обследованы стандартными офтальмологическими методами, а также с помощью ОКТ макулярной зоны (Cirrus HD-OCT 4000, Carl Zeiss Meditec AG, Германия) по протоколу сканирования MacularCube со стандартной макулярной картой ETDRS. Определяли толщину сетчатки от внутренней пограничной мембраны до пигментного эпителия и наличие и локализацию изменений конфигурации центральной ямки. **Результаты.** Созданы две сверхточные искусственные нейронные сети (ИНС): для выявления пациентов с ранними признаками сухой формы ВМД и пациентов с признаками нВМД. К моменту обработки 1000 обучающих изображений точность принятия решения для интерпретации изображений в первой ИНС возросла до 97,6%, во второй — до 96,8%, что показывает высокую эффективность данной технологии. Процессы глубокого обучения выполнялись на экземпляре Amazon Web Service EC2 с графическим процессором. Обученная модель ИНС также протестирована на здоровых глазах с каждой расчетной вероятностью. Оценивалось соответствие между диагнозом врача и решением, предложенным ИНС. **Заключение.** В связи с необходимостью обработки большого массива данных ОКТ разработана программная технология на основе методов искусственного интеллекта, показавшая свою эффективность в выявлении ранних симптомов сухой и влажной форм ВМД. Данная технология позволяет осуществлять раннюю диагностику перехода сухой формы ВМД в неоваскулярную, требующую незамедлительного лечения.

**Ключевые слова:** возрастная макулярная дегенерация; сухая форма; неоваскулярная форма; искусственная нейронная сеть

**Конфликт интересов:** отсутствует.

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

**Для цитирования:** Каменских Т.Г., Долинина О.Н., Колбнев И.О., Веселова Е.В. Интеллектуальная система принятия решения для ранней диагностики макулярной патологии. Российский офтальмологический журнал. 2022; 15 (2) (Приложение): 69-74. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-69-74>

# An intelligent decision-making system for early diagnosis of macular pathology

Tatiana G. Kamenskikh<sup>1</sup> ✉, Olga N. Dolinina<sup>2</sup>, Igor O. Kolbenev<sup>1</sup>, Ekaterina V. Veselova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> V.I. Razumovsky Saratov State Medical University, 112, B. Kazach'ya St., Saratov, 410012, Russia

<sup>2</sup> Institute of Applied Technologies and Communications, Yuri Gagarin Saratov State Technical University, 77, Politekhnikeskaya St., Saratov, 410054, Russia  
kamtanvan@mail.ru

**Purpose:** to develop a software technology based on artificial intelligence methods aimed at analyzing large volumes of optical coherent tomography (OCT) data in order to identify early symptoms of age-related macular degeneration (AMD) and the transition from dry AMD to neovascular AMD (nAMD). **Material and methods.** Patients with dry AMD (1125 eyes), wet nAMD (1200 eyes) and subjects without ophthalmic pathology (1205 eyes) underwent a standard ophthalmological examination and macular OCT (Cirrus HD-OCT 4000, Carl Zeiss Meditec AG, Germany) according to the MacularCube scanning protocol with a standard ETDRS macular map. The thickness of the retina from the inner limiting membrane to the retinal pigment epithelium and the presence and location of fovea configuration changes were determined. **Results.** Two ultra-precise artificial neural networks (ANN) were created: one intended to identify patients with early signs of dry AMD and the other to identify those with signs of nAMD. By the time when 1000 training images were processed, the image interpretation decision-making accuracy in the first ANN increased to reach 97.6%, in the second ANN, to 96.8%, which shows the high efficiency of this technology. The deep learning processes were run on an Amazon Web Service EC2 GPU. The trained ANN model was also tested on healthy eyes at each estimated probability value. The correspondence between the doctor's diagnosis and the decision taken by the ANN was assessed. **Conclusions.** A software technology based on artificial intelligence methods has been developed, which answered the need to process a large amount of OCT data. The technology proved effective in identifying early symptoms of dry and wet forms of AMD and in early diagnosis of the transition of the dry form of AMD into neovascular form, the latter requiring immediate treatment.

**Keywords:** AMD; dry form; neovascular form; artificial neural network

**Conflict of interests:** there is no conflict of interests.

**Financial disclosure:** No author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

**For citation:** Kamenskikh T.G., Dolinina O.N., Kolbenev I.O., Veselova E.V. An intelligent decision-making system for early diagnosis of macular pathology. Russian ophthalmological journal. 2022; 15 (2) (supplement): 69-74 (In Russian). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-69-74>

Офтальмология, будучи областью медицины, использующей для принятия решения анализ изображений, полученных с помощью современной аппаратуры, хорошо подходит для практического использования технологий искусственного интеллекта (ИИ), которые сегодня развиваются в двух направлениях: обработки экспертных медицинских знаний и использования аппарата искусственной нейронной сети (ИНС). Модели машинного обучения (МО) и глубокого обучения (ГО), основанные на ИНС, используются для распознавания заболеваний глаз, угрожающих зрению. Эти модели оказались точными и надежными для диагностики тракционной макулопатии (ТМ), возрастной макулярной дегенерации (ВМД), диабетической ретинопатии, осложненной макулярным отеком, и ряда других патологических состояний макулярной области сетчатки. Применение систем искусственного интеллекта для скрининга больших групп населения с целью выявления и даже прогнозирования течения различных глазных заболеваний является актуальным [1, 2]. С ростом и старением населения появляется необходимость как можно раньше выявлять и начинать лечение ВМД, а ИНС дает возможность быстро анализировать большое количество данных и предлагает уникальные решения для клинической практики. Результаты оптической когерентной томографии (ОКТ) и оптической когерентной томографии с функцией ангиографии (ОКТА) как технологии неинвазивной прижизненной визуализации структур глаза используются для диагностики всех основных заболеваний центральной зоны

сетчатки. Использование технологий МО позволяет значительно повысить качество принятия решения при анализе изображений ОКТ. В настоящее время в офтальмологических клиниках ОКТ выполняется в основном врачами-диагностами, проводящими также анализ снимков. Одним из путей расширения возможностей ОКТ-диагностики ВМД является массовый скрининг пациентов из группы риска с последующей цифровой обработкой для выявления патологии и направления на консультацию к специалисту по заболеваниям сетчатки. Выявление ранних симптомов ВМД (друзы) в автоматическом режиме при ОКТ-скрининге пациентов из группы риска даст возможность своевременно начать необходимое лечение. Эффективным также является определение прогрессирования патологического процесса при сухой форме ВМД (увеличение, слияние друз) у пациентов с уже поставленным диагнозом ВМД. Наиболее важным этапом мониторинга пациентов с ВМД является определение начала перехода сухой формы ВМД в неоваскулярную ВМД (нВМД), проявляющегося в виде появления отслойки пигментного эпителия сетчатки (ПЭС) и нейроэпителия (НЭ) на структурном снимке и новообразованных сосудов на ОКТА у пациентов с ранее сухой формой ВМД. Раннее начало лечения (интравитреальное введение антиангиогенных препаратов) позволит сохранить зрение пациентов и предотвратить наступление необратимой слепоты.

МО извлекает информацию на основе выбранных вручных функций и классификаторов из уже структуриро-

ванных или помеченных данных, которые представляются машине в виде набора данных для обучения. Этот подход может использоваться с небольшими наборами данных и требует сравнительно меньшего времени обучения. Напротив, глубокое обучение реализует использование ИНС, которая представляет собой сложную систему, состоящую из нескольких слоев искусственных нейронов, имитирующих нейронную сеть человеческого мозга и ее способности распознавания образов. Входные данные распространяются через несколько уровней ИНС, и распознавание образов выполняется самой ИНС без ручного выбора признаков. Алгоритмы глубокого обучения получают большие объемы данных, содержащих как отрицательные, так и положительные примеры (например, изображения здоровой и патологической сетчатки) для обучения. Алгоритм самостоятельно обучается и учится распознавать различия между двумя типами данных, тем самым разделяя их на положительные и отрицательные категории. Глубокая нейронная сеть (ГНС) — это более эффективный подтип ИНС, в котором способность алгоритма распознавать образы улучшается с увеличением объема обучающего набора данных. Чем больше объем входных данных, тем выше производительность ГНС при решении поставленной задачи. Другим типом ИНС является

сверхточная нейронная сеть (СНС), которая нашла свое широкое применение в офтальмологии благодаря способности распознавания изображений и классификации. Хотя ГО требует значительно большего количества обучающих данных и высокой вычислительной мощности, последние достижения в области технологий и доступность графических процессоров сделали его применение в медицине и исследованиях более удобным [1–4].

**ЦЕЛЬ** исследования — разработка программной технологии на основе методов ИИ для анализа больших объемов данных ОКТ с целью выявления ранних симптомов ВМД, а также перехода сухой формы ВМД в требующую незамедлительного лечения нВМД.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Создание обучающего множества предполагало решение 2 задач.

1. Выявление пациентов с ранними признаками сухой формы ВМД (друзы) при проведении ОКТ-скрининга пациентов старше 50 лет для дальнейшего проведения мультимодальной диагностики (ИНС № 1).

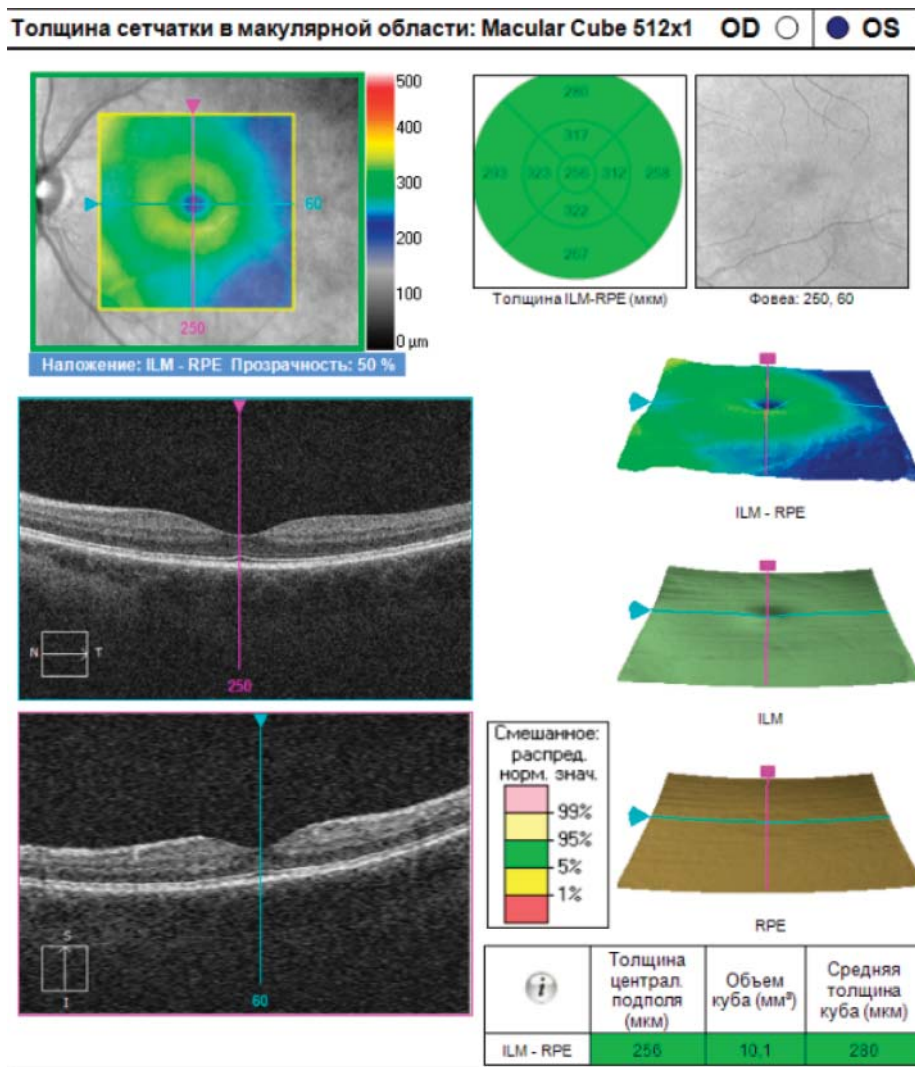
2. Выявление пациентов с признаками нВМД в виде отслойки ПЭС и НЭ на структурном снимке и с новообразованными сосудами на ОКТА (ИНС № 2).

Для решения первой задачи в исследовании были включены пациенты с сухой ВМД (1125 глаз), для решения второй задачи — больные с влажной нВМД (1200 глаз). В качестве группы контроля использовали данные 1205 глаз здоровых лиц без офтальмопатологии. Для анализа использовали сканы по вертикальному и горизонтальному меридианам.

Все пациенты прошли стандартное офтальмологическое обследование и ОКТ макулярной зоны (Cirrus HD-OCT 4000, Carl Zeiss Meditec AG, Германия). Использовался протокол сканирования MacularCube со стандартной макулярной картой ETDRS. Поиск новообразованных сосудов осуществляли в хориоиде, включая хориокапилляры. Новообразованные сосуды характеризовались повышенной рефлексивностью и определенной формой сосудистой сети — древовидной или петлевидной. Для создания обучающего множества было случайным образом выбрано 1000 изображений ОКТ.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ включал измерение толщины от внутренней пограничной мембраны до ПЭС по зонам: центральная, парацентральные (верхняя, нижняя, назальная, темпоральная) и периферические (верхняя, нижняя, назальная, темпоральная). На рисунке 1 представлены результаты ОКТ пациента без офтальмопатологии. Оценивали наличие и локализацию изменений конфигурации центральной ямки (интраретин-



**Рис. 1.** Данные ОКТ макулы пациента без офтальмопатологии  
**Fig. 1.** OCT results of a patient without ophthalmic pathology

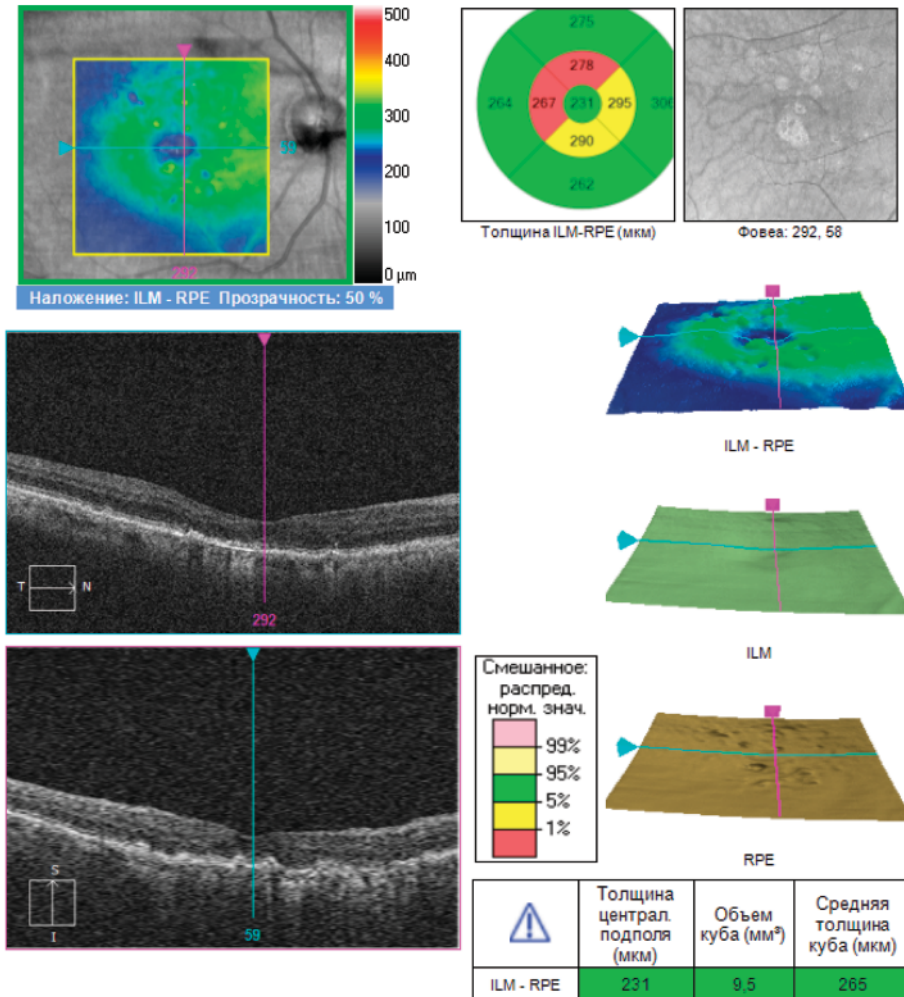


нальный отек, наличие включений и др.) при увеличении толщины сетчатки.

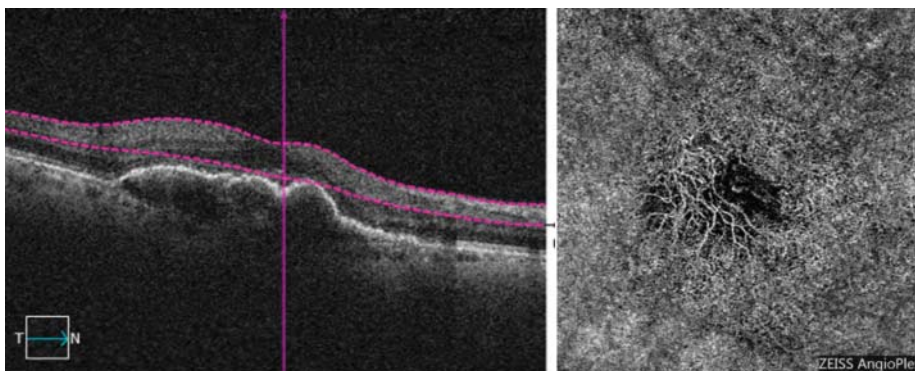
Для проведения обучения ИНС № 1 применительно к первой задаче были выделены признаки, характер-

ные для сухой формы ВМД. Патологические симптомы, выявляемые на ОКТ при сухой форме ВМД, включали наличие друз (волнообразная деформация ПЭС, локальные отслойки ПЭС высотой до 63 мкм — твердые друзы, более 63 мкм — экссудативные друзы), причем структура мембраны Бруха и структуры фоторецепторного слоя сетчатки при этом сохранялись, НЭ приподнят (рис. 2). Может визуализироваться гиперрефлективное содержимое друз. Подсчет количества друз и их размеров для оценки выраженности и прогноза ВМД проводился в соответствии с данными мультицентрового исследования Age-Related Eye Disease Study (AREDS, 1992–2001 гг.) [5]. Анализ типа друз не проводился.

**Толщина сетчатки в макулярной области: Macular Cube 512x1 OD ● | ○ OS**



**Рис. 2.** Данные ОКТ макулы пациента с сухой формой ВМД (наличие друз)  
**Fig. 2.** OCT results of a patient with dry AMD (with drusen)



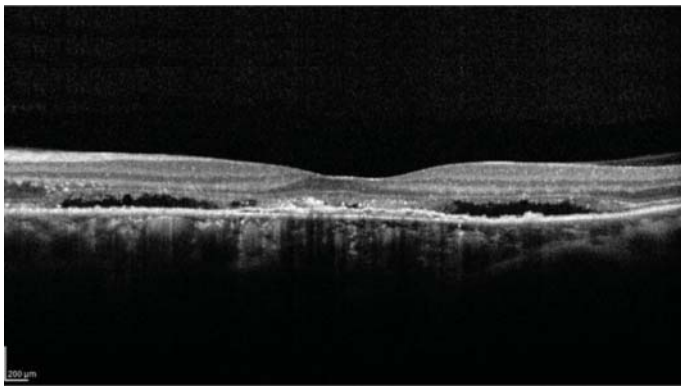
**Рис. 3.** Данные ОКТ и ОКТА макулы пациента с неоваскулярной формой ВМД (наличие неоваскулярной неравномерной отслойки ПЭС)  
**Fig. 3.** OCT and OCTA results of a patient with neovascular AMD (neovascular nonuniform RPE detachment)

Для проведения обучения ИНС № 2 применительно ко второй задаче были выделены признаки патологических изменений, характеризующих нВМД. Влажная неоваскулярная стадия ВМД требует своевременной диагностики и незамедлительного лечения с использованием интравитреального введения препаратов из группы ингибиторов ангиогенеза. Очень важен мониторинг состояния сетчатки и хориоидеи с использованием не только структурной, но и ОКТА. Патологические симптомы, характеризующие влажную форму ВМД, не всегда легко распознаются на ОКТ (рис. 3). К ним относят наличие отслойки ПЭС (куполообразная форма с деформацией всего профиля сетчатки, элевация на угол более 45° с мембраной Бруха) при сохранной структуре наружных слоев сетчатки: наружной пограничной мембраны и слоя эллипсоида (сочленение наружных и внутренних сегментов фоторецепторов).

Неоваскулярная отслойка ПЭС имеет неравномерный профиль, гиперрефлективное содержимое, дифференцируется мембраной Бруха, зачастую нарушена структура пигментного эпителия, слоя эллипсоида и наружной пограничной мембраны (рис. 4). Возможно также наличие отслойки НЭ.

В ряде случаев на структурном снимке ОКТ может быть интравитреальный отек со скоплением интравитреальной жидкости (ИРЖ) в различных зонах макулы (рис. 5).

Для наиболее точной диагностики нВМД анализировали также параметры ОКТА, основной целью было выявление новообразованных сосудов (хориоидальная неоваскуляризация, ХНВ) и их локализации, определение границ неоваскулярной мембраны по внешним контурам новообразованных сосудов (рис. 6).

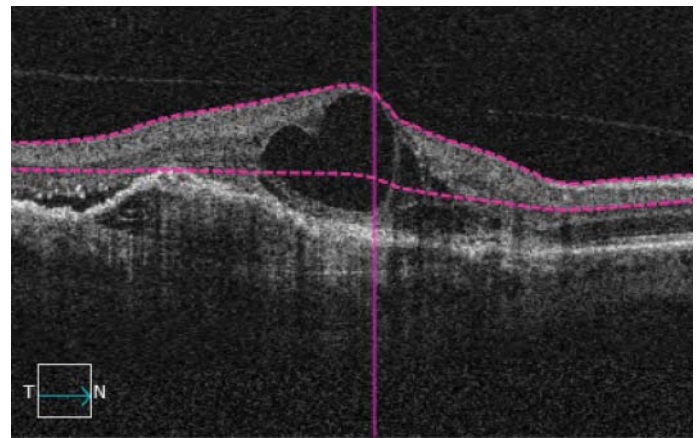


**Рис. 4.** Данные ОКТ макулы пациента с нВМД (наличие отслойки НЭ). Элевация НЭ формирует с пигментным эпителием угол менее 30°

**Fig. 4.** Macular OCT results of a patient with neovascular AMD (RPE detachment). The angle between neuroepithelium and RPE (neuroepithelium elevation) is less than 30°

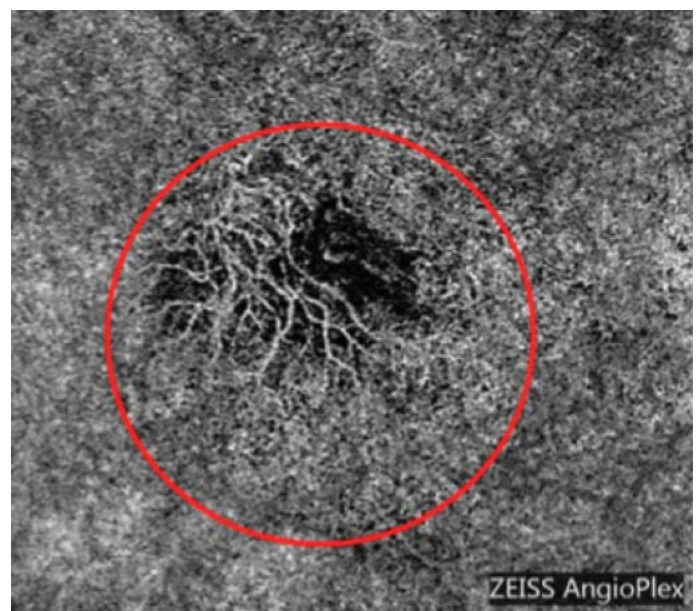
Искусственная нейронная сеть имеет следующую архитектуру. Для использования данных ОКТ-изображение преобразуется в цифровое с низким разрешением 28×28 пикселей, с общим количеством 784 пикселя. Каждый пиксель привязан к нейрону входного слоя. Активация нейрона связана с яркостью его конкретного пикселя. Это не просто двоичный сигнал включения/выключения, он содержит также значения интенсивности. Затем несколько нейронов входного слоя передают свои состояния активации принимающему нейрону, который определяет свое собственное состояние активации и передает свой собственный вывод, или состояние активации, которое становится входом для нейрона на следующем уровне. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не будут пройдены все слои и не будет получен выходной сигнал. Самый яркий или самый сильный выходной сигнал в массиве побеждает, и о нем сообщается как о возможном ответе системы. Величина ошибки считается «стоимостью». Минимизация стоимости повторяется для многих других изображений, и каждый раз система «обучается», корректируя вес, придаваемый различным нейронам и их активациям. Это называется обратным распространением. Для решения поставленных задач было создано две сверхточные ИНС: для выявления пациентов с ранними признаками сухой формы ВМД и для выявления пациентов с признаками нВМД. К моменту обработки 1000 обучающих изображений точность принятия решения в первой ИНС возросла до 97,6% для интерпретации изображений, во второй — до 96,8%, что показывает высокую эффективность использования данной технологии.

Процессы ГО выполнялись на экземпляре Amazon Web Service EC2 с графическим процессором (<https://aws.amazon.com/ec2/>). Чтобы оценить способность обученной модели ИНС точно выявлять макулярные заболевания, протестированы оставшиеся 1325 изображений ОКТ. Обученная модель ИНС была также протестирована на здоровых глазах, с каждой расчетной вероятностью. В случае выявления друз, аваскулярных отслоек ПЭС ставился диагноз: «сухая форма ВМД» — и планировался повторный осмотр в соответствии с рекомендациями AREDS. Если ВМД не была выявлена, рекомендовали плановое наблюдение у офтальмолога (раз в год). При выявлении признаков нВМД больной направлялся на интравитреальное введение ингибитора ангиогенеза. Оценивалось соответствие между диагнозом врача и решением, предложенным ИНС.



**Рис. 5.** Данные ОКТ макулы пациента с нВМД (помимо отслойки ПЭС и НЭ, имеется скопление интравитреальной жидкости)

**Fig. 5.** Macular OCT results of a patient with neovascular AMD (RPE and neuroepithelium detachment, intraretinal fluid accumulation)



**Рис. 6.** Данные ОКТА макулы пациента с нВМД (визуализируется сосудистая сеть ХНВ)

**Fig. 6.** Macular OCT results of a patient with neovascular AMD (vascular network is visualised)

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В связи с необходимостью обработки большого массива данных ОКТ разработана программная технология на основе методов искусственного интеллекта, показавшая свою эффективность в выявлении симптомов сухой и влажной форм ВМД. Данная технология дает возможность осуществлять скрининг и последующий мониторинг ВМД для ранней диагностики, оптимального режима наблюдения (сухая форма) или своевременного начала лечения (влажная форма).

### Литература/References

1. *Jahangir S., Khan H.A.* Artificial intelligence in ophthalmology and visual sciences: Current implications and future directions. *Artificial Intelligence in Medical Imaging.* 2021; 2 (5): 95–103. doi: 10.35711/aimi.v2.i5.95

2. *Schmidt-Erfurth U., Sadeghipour A., Gerendas B.S., Waldstein S.M., Bogunović H.* Artificial intelligence in retina. *Progress in Retinal and Eye Research*. 2018; 67: 1–29. doi:10.1016/j.preteyeres.2018.07.004
3. *Ting D.S.J., Foo V.H., Yang L.W.Y., et al.* Artificial intelligence for anterior segment diseases: Emerging applications in ophthalmology. *Br. J. Ophthalmol.* 2021; 105: 158–68. doi: 10.1136/bjophthalmol-2019-315651
4. *Kapoor R., Walters S.P., Al-Aswad L.A.* The current state of artificial intelligence in ophthalmology. *Survey of Ophthalmology*. 2019; 64: 233–40. doi: 10.1016/j.survophthal.2018.09.002
5. A randomized, placebo-controlled, clinical trial of high-dose supplementation with vitamins C and E, beta carotene, and zinc for age-related macular degeneration and vision loss: AREDS report no. 8. *Arch. Ophthalmol.* 2001. 119 (10): 1417–36. doi: 10.1001/archophth.119.10.1417

**Вклад авторов в работу:** Т.Г. Каменских, Е.В. Веселова, О.Н. Долинина, И.О. Колбенеv — разработка концепции и дизайна исследования, сбор и обработка данных, написание текста.

**Author's contribution:** T.G. Kamenskikh, E.V. Veselova, O.N. Dolinina, I.O. Kolbenev — concept and design of the study, consulting and editing, data collection and processing, writing of the article.

*Поступила: 04.02.2022. Переработана: 28.03.2022. Принята к печати: 02.04.2022*  
*Originally received: 04.02.2022. Final revision: 28.03.2022. Accepted: 02.04.2022*

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского» Минздрава России, ул. Б. Казачья, д. 112, Саратов, 410012, Россия*

**Татьяна Григорьевна Каменских** — д-р мед. наук, доцент, заведующая кафедрой глазных болезней

**Игорь Олегович Колбенеv** — канд. мед. наук, доцент кафедры глазных болезней

**Екатерина Викторовна Веселова** — канд. мед. наук, доцент кафедры глазных болезней

*ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина», Институт прикладных технологий и коммуникаций, ул. Политехническая, д. 77, Саратов, 410054, Россия*

**Ольга Николаевна Долинина** — д-р тех. наук, профессор, проректор по цифровой трансформации, профессор кафедры «Прикладные информационные технологии»

**Для контактов:** Татьяна Григорьевна Каменских,  
kamtanvan@mail.ru

*V.I. Razumovsky Saratov State Medical University, 112, B. Kazach'ya St., Saratov, 410012, Russia*

**Tatiana G. Kamenskikh** — Dr. of Med. Sci., head of chair of eye diseases  
**Igor O. Kolbenev** — Cand. of Med. Sci., associate professor of chair of ophthalmology

**Ekaterina V. Veselova** — Cand. of Med. Sci., associate professor of chair of ophthalmology

*Institute of Applied Technologies and Communications, Yuri Gagarin Saratov State Technical University, 77, Politekhnikeskaya St., Saratov, 410054, Russia*

**Olga N. Dolinina** — Dr. of Tech. Sci., professor, deputy-rector for digital transformation, professor of chair of applied information technologies

**Contact information:** Tatiana G. Kamenskikh,  
kamtanvan@mail.ru



<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-75-83>

# Клинико-функциональная система реабилитации пациентов с нарушениями аккомодации при эксимер-лазерной коррекции гиперметропии

О.С. Кузнецова<sup>1</sup>, С.В. Балалин<sup>1, 2</sup> ✉

<sup>1</sup> ФГАУ НМИЦ «МНТК "Микрохирургия глаза" им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Волгоградский филиал, ул. Землячки, д. 80, Волгоград, 400138, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России, кафедра офтальмологии Института НМФО, пл. Павших Борцов, д. 1, Волгоград, 400000, Россия

**Цель работы** — разработать клинико-функциональную систему реабилитации пациентов с гиперметропией слабой и средней степени и нарушениями аккомодации до и после ФемтоЛАСИК и оценить ее эффективность. **Материал и методы.** Обследованы 234 пациента (234 глаза) в возрасте от 25 до 30 лет (в среднем  $27,9 \pm 1,2$  года) с гиперметропией слабой и средней степени до и после операции ФемтоЛАСИК, которые составили 2 группы: в 1-й (контрольной) группе — 114 пациентов (114 глаз) — профилактика и лечение нарушений аккомодации не проводились, а во 2-й (основной) — 120 пациентов (120 глаз) — проходили клинико-функциональную реабилитацию до и после ФемтоЛАСИК. **Результаты.** Синдром ложной миопизации у пациентов основной группы отмечался в 14,2% случаях, что почти в 3 раза меньше, чем у пациентов группы контроля. Через неделю после ФемтоЛАСИК в основной группе удалось добиться нормализации показателей аккомодографии в 57,5% случаях, слабость аккомодации встречалась на 30% реже, комбинированные нарушения аккомодации — в 2,37 раза реже, чем в контрольной группе. Привычно-избыточное напряжение аккомодации у лиц контрольной группы выявлялось в 2,45 раза чаще, чем в основной группе. Средний балл оценки по тест-опроснику CISS у пациентов основной группы достиг значений диапазона нормы через месяц после ФемтоЛАСИК, а у пациентов группы контроля — только через 6 мес. **Заключение.** Применение клинико-функциональной системы реабилитации пациентов с гиперметропией слабой и средней степени с нарушениями аккомодации до и после ФемтоЛАСИК позволяет достигнуть максимальных клинико-функциональных результатов уже через месяц после операции и добиться наилучших результатов в лечении нарушений аккомодации.

**Ключевые слова:** гиперметропия; ФемтоЛАСИК; нарушения аккомодации; реабилитация

**Конфликт интересов:** отсутствует.

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

**Для цитирования:** Кузнецова О.С., Балалин С.В. Клинико-функциональная система реабилитации пациентов с нарушениями аккомодации при эксимер-лазерной коррекции гиперметропии. Российский офтальмологический журнал. 2022; 15 (2) (Приложение):75-83. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-75-83>

# A clinical and functional system for patients with accommodation disorders subjected to excimer laser correction of hypermetropia

Olga S. Kuznetsova<sup>1</sup>, Sergei V. Balalin<sup>1, 2</sup> ✉

<sup>1</sup> S.N. Fedorov Eye Microsurgery, Volgograd branch, 80, Zemlyachki St., Volgograd, 400138, Russia

<sup>2</sup> Volgograd State Medical University, Department of Ophthalmology, 1, Pavshikh Bortsov St., Volgograd, 400000, Russia  
s.v.balalin@gmail.com

**Purpose:** to develop a clinical and functional rehabilitation system for patients with mild and moderate hyperopia and accommodation disorders before and after FemtoLASIK surgery and to assess its effectiveness. **Material and methods.** 234 patients (234 eyes) with the above conditions, aged 25 to 30 (mean age  $27.9 \pm 1.2$  years) were divided into 2 groups. The control group included 114 patients (114 eyes) who received no prevention measures or accommodation disorders treatment, while the main group (120 patients, 120 eyes) received clinical and functional rehabilitation before and after FemtoLASIK. **Results.** The “false myopization” syndrome observed in the main group was 14.2% lower than in the control group. A week after FemtoLASIK, the normalization of accommodation parameters was achieved in 57.5% of the main group cases, and combined accommodation disorders occurred 2.37 less frequently than in the control group. Weak accommodation in patients of this group was 30% less than in the control group. Habitually excessive accommodation in the control group was 2.45 times more frequent than in the main group. According to the CISS test questionnaire, the mean values of indices for the main group patients reached the normal level one month after FemtoLASIK whilst the control group required 6 months. **Conclusion.** The clinical and functional rehabilitation system in patients with mild and moderate hyperopia and accommodation disorders applied before and after FemtoLASIK helps achieve maximum clinical and functional results 1 month after the operation and yields the best results in accommodation disorders treatment.

**Keywords:** hyperopia; FemtoLASIK; accommodation disorders; rehabilitation

**Conflict of interests:** there is no conflict of interests.

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

**For citation:** Kuznetsova O.S., Balalin S.V. A clinical and functional system for patients with accommodation disorders subjected to excimer laser correction of hypermetropia. Russian ophthalmological journal. 2022; 15 (2) (supplement): 75-83 (In Russian). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-75-83>

Аметропии (аномалии рефракции) являются наиболее распространенными нарушениями зрения, которые характеризуются несоразмерной рефракцией по отношению к длине глаза при расслабленной аккомодации, отсутствием четкого изображения на сетчатке. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), первое место в структуре причин нарушения зрения занимают именно аномалии рефракции (около 42%): миопия, гиперметропия и астигматизм. По данным ВОЗ (2020), около 2,2 млрд человек во всем мире живут с той или иной формой нарушения зрения или слепотой, в том числе 123,7 млн человек — с нескорректированными аномалиями рефракции (с миопией или гиперметропией). Распространенность гиперметропии у лиц старше 18 лет в 2018 г. составила 30,6%. Высокая частота выявления гиперметропии характерна для стран Африки — 38,6%, для стран Южной и Северной Америки — 37,2%, в то время как в странах Европы ее распространенность существенно ниже и составляет 23,1% [1, 2].

Основной причиной возникновения гиперметропии является формирование в процессе развития более плоской роговицы и (или) короткого передне-заднего размера глазного яблока. Развитие гиперметропии тесно взаимосвязано с нарушениями аккомодации и состоянием бинокулярной функции [3]. Аккомодация — это приспособление оптической системы глаза к рассматриванию предметов на разных расстояниях, в котором участвуют отделы парасимпатической и симпатической вегетативной нервной системы [4]. Согласно основополагающей теории Германа фон Гельм-

гольца, в основе механизма аккомодации для рассматривания предметов на близком расстоянии лежит сокращение цилиарной мышцы, сужение зрачка, уменьшение глубины передней камеры, смещение хрусталика кпереди и несколько книзу, изменение кривизны передней и задней его поверхностей, что способствует увеличению преломляющей способности хрусталика, увеличению динамической рефракции глазного яблока, в результате световые лучи фокусируются на сетчатке [5]. Современный метод прижизненного исследования, такой как ультразвуковая биомикроскопия, позволил исследователям доказать, что хориоидея, стекловидное тело, радужка, роговица, склера и экстраокулярные мышцы также принимают участие в механизме аккомодации. Эти структуры относятся ко вторичным компонентам аккомодации [6]. Аккомодация принимает также активное участие в регуляции офтальмотонуса и гидродинамики глаза [7, 8].

Нарушение аккомодации у пациентов с гиперметропией является одним из главных факторов риска снижения зрения. По данным многих авторов, постоянное напряжение цилиарной мышцы приводит к ее гипертрофии и спастическому состоянию [9, 10], к избыточной конвергенции при взгляде не только вблизи, но и вдаль, возникновению содружественного косоглазия и развитию дисбинокулярной амблиопии. Частота выявления амблиопии при гиперметропической анизометропии составляет 54,3%, что значительно выше, чем при миопической анизометропии [11–14].

Согласно классификации экспертного Совета по Аккомодации и Рефракции (ЭСАР), различают следующие

виды патологических состояний аккомодации: спазм аккомодации, привычно-избыточное напряжение аккомодации (ПИНА), слабость аккомодации, аккомодационную астенопию, пресбиопию и нарушения аккомодации после рефракционных операций [15].

ПИНА — длительно существующий тонус аккомодации, вызывающий миопизацию манифестной рефракции и не снижающий максимально скорректированную остроту зрения. ПИНА характерна как для детей, так и для взрослых. При ПИНА значения коэффициента микрофлюктуаций цилиарного тела (КМФ) свыше 62 сокращений в минуту. Пациенты отмечают жалобы на периодическое, далее постоянное снижение зрения вдаль, может отмечаться ухудшение зрения при работе на близком расстоянии [15].

Слабость аккомодации — длительно существующее состояние недостаточной или неустойчивой аккомодации. Диагностируется не только у детей, но и у взрослых. При слабости аккомодации значения коэффициента аккомодационного ответа (КАО) — менее 0,5 дптр, а КМФ — менее 62 сокращений в минуту. При слабости аккомодации появляется быстрая утомляемость при работе вблизи, чтении, при этом острота зрения снижена вдаль, но поддается коррекции. Объем относительной аккомодации соответствует возрастным значениям, но может наблюдаться его снижение, запас относительной аккомодации снижен практически до нуля [15].

С.В. Балалин, Л.П. Труфанова [8] дополнительно выделили комбинированные нарушения аккомодации, такие как ПИНА в сочетании со слабостью аккомодации (КМФ свыше 62 сокращений в минуту, а КАО менее 0,5 дптр), а также ПИНА в сочетании со спазматической аккомодационной астенопией (КМФ свыше 62 сокращений в минуту, а КАО свыше 1,0 дптр).

Одним из наиболее точных методов диагностики нарушений аккомодации в клинической практике является компьютерная аккомодография. Данный метод позволяет провести объективную оценку функции аккомодационной системы глаза на основе анализа микрофлюктуаций цилиарного тела [7, 16].

Следует отметить, что при гиперметропии очковая и контактная коррекция далеко не в каждом случае оказывается оптимальным методом, особенно у пациентов с анизометропией, поскольку не способна обеспечить полную реабилитацию пациентов как в клиническом, так и социальном аспектах.

На сегодняшний день операция ФемтоЛАСИК является технологией, которая набирает все большую популярность среди офтальмохирургов. В ряде исследований отмечается, что кераторефракционная хирургия гиперметропии при всем многообразии существующих способов ее коррекции несколько отстает от кераторефракционной хирургии миопии. Количество выполненных операций при миопии примерно в 10 раз больше, чем при гиперметропии. Соответственно и процент удачных операций при близорукости существенно выше, чем при дальнозоркости [17–19]. Некоторые авторы считают, что результаты эксимер-лазерной хирургии при гиперметропии более +4,5 дптр могут быть не стабильны из-за рефракционного регресса роговицы в послеоперационном периоде. После кераторефракционной операции у пациентов с гиперметропической рефракцией может также отмечаться недостаточное расслабление цилиарной мышцы, что в итоге препятствует улучшению функционирования аккомодационной системы глаза даже с учетом длительного восстановительного периода [20, 21]. Поэтому на современном этапе необходимым условием планирования кератореф-

ракционной хирургии при гиперметропии слабой и средней степени является оценка состояния аккомодации и бинокулярного зрения.

Нарушения аккомодации при гиперметропии в настоящее время остаются недостаточно изученными, особенно до и после проведения кераторефракционной хирургии. Не изучено влияние нарушений аккомодации на возникновение и степень выраженности астенопии в послеоперационном периоде, на субъективную удовлетворенность пациента рефракционными результатами операции. Не изучены возможности методов профилактики, медикаментозного и функционального лечения различных видов нарушений аккомодации у пациентов с гиперметропией до и после ФемтоЛАСИК.

**ЦЕЛЬ** исследования — разработать клиничко-функциональную систему реабилитации пациентов с гиперметропией слабой и средней степени с нарушениями аккомодации до и после ФемтоЛАСИК.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В клинике Волгоградского филиала ФГАУ НМИЦ «МНТК "Микрохирургия глаза" им. акад. С.Н. Федорова» до и после ФемтоЛАСИК обследованы 234 пациента (234 глаза) в возрасте от 25 до 30 лет (в среднем  $27,9 \pm 1,2$  года), которые составили 2 группы. В 1-ю группу (группу контроля) вошли 114 пациентов (114 глаз), которым профилактика и лечение нарушений аккомодации не проводились. Во 2-й (основной) группе 120 пациентов (120 глаз) до и после ФемтоЛАСИК проходили профилактику и лечение нарушений аккомодации.

Критерии включения пациентов в группы исследования были следующими: наличие гиперметропии слабой и средней степени (сферозэквивалент рефракции (СЭР) от +0,5 до +4,5 дптр); цилиндрический компонент рефракции не более 1,0 дптр; максимально скорректированная острота зрения (МКОЗ) — 0,2 и выше; отсутствие косоглазия; наличие бинокулярного характера зрения с 5 м.

Отбор пациентов на кераторефракционную хирургию предусматривал наличие МКОЗ у пациента в условиях очковой или контактной коррекции 0,2 или выше. В обеих группах характер зрения был бинокулярным у всех пациентов.

Различие между группами по гендерному признаку, а также по возрасту было статистически недостоверным, что указывало на их однородность.

Всем пациентам перед операцией ФемтоЛАСИК и на указанных сроках наблюдения проводилось комплексное офтальмологическое обследование, включающее визометрию по общепринятой методике, авторефрактометрию в обычных условиях и в условиях медикаментозной циклоплегии, тонометрию, дифференциальную тонометрию по Фриденвальду, тонографию на тонографе «Глаутест-60» (Россия), статическую периметрию, ультразвуковое В-сканирование для оценки состояния оболочек глазного яблока, оптическую биометрию, пахиметрию роговицы в центральной оптической зоне, кератотопографическое обследование на шаймпфлюг-анализаторе переднего отрезка глазного яблока Sirius (Schwind, Германия), биомикроскопию переднего сегмента на щелевой лампе Takagi SEIKO CO (SM-30N), а также биомикроофтальмоскопию, которая выполнялась при помощи трехзеркальной линзы Гольдмана под эпibuльбарной анестезией с использованием в качестве контактной среды глазного геля «Визитон-ПЭГ». Перед планированием кераторефракционной хирургии у всех пациентов исследовали состояние аккомодации: запас относительной аккомодации (ЗОА) исследовали на аппарате «Форбис» (Россия), аккомодографию

проводили на Righton Speedy-K (США). Этот аккомодограф позволяет графически регистрировать изменение рефракции глаза в виде столбиковой диаграммы при предъявлении зрительного стимула на различных расстояниях, с фиксацией величины КАО, который в норме составляет от 0,5 до 1,0 дптр, и анализировать частоту аккомодативных микрофлюктуаций (КМФ), составляющую в норме от 52 до 62 сокращений в минуту. Характер бинокулярного зрения определяли на четырехточечном цветотесте Е.М. Белостоцкого, С.Я. Фридмана, угол косоглазия определяли по Гиршбергу, а также на синоптофоре «СИНФ-1» («Точмедприбор», Россия). Определение бифовеального слияния и исследование фузионных резервов проводили по стандартной методике на синоптофоре. Выявление астенопии при недостаточности конвергенции осуществлялось с помощью тест-опросника CISS по сумме баллов: до 21 балла — астенопия не подтверждалась, свыше 21 балла — определяли астенопию. Для оценки состояния глазной поверхности проводили тест Ширмера I и пробу Норна.

Для коррекции гиперметропической рефракции методом выбора стала технология ФемтоЛАСИК по данным волнового фронта. Функциональная терапия нарушений аккомодации применялась в течение 10 дней в соответствии с рекомендациями (табл. 1), представленными в клиническом руководстве «Аккомодация» [16], на фоне медикаментозного лечения (инстилляций симпатомиметика — 2,5% раствора ирифрина по одной капле на ночь в течение месяца).

Контрольные осмотры проводились до выполнения операции ФемтоЛАСИК, а также через неделю, 1, 6 и 12 мес после операции.

*Статистическая обработка.* Полученные значения рефракции, ригидности корнеосклеральной оболочки глаза, тонометрии, результаты аккомодографии обрабатывались методом вариационной статистики с помощью компьютерной программы Statistica 10.0 фирмы StatSoft, Inc. Для оценки достоверности различия между средними значениями рассчитывался доверительный коэффициент Стьюдента (t), и при его величине от 2,0 и выше и показателе достоверности различия (p) менее 0,05 (p < 0,05) различие расценивалось как клинически значимое.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

У пациентов контрольной группы исходное значение некорригированной остроты зрения (НКОЗ) до операции составило  $0,48 \pm 0,30$  (M  $\pm$  SD), а МКОЗ —  $0,67 \pm 0,25$  (табл. 2). СЭР был равен  $3,4 \pm 0,9$  дптр. Размер передне-задней оси (ПЗО) глазного яблока в среднем составил

$22,10 \pm 0,76$  мм, что соответствовало гиперметропической рефракции.

По данным компьютерной аккомодографии, у пациентов контрольной группы до ФемтоЛАСИК ПИНА и комбинированные нарушения аккомодации встречались в 57% случаев (65 глаз). Слабость аккомодации была выявлена в 31,6% случаев (36 глаз), а нормальное состояние аккомодации наблюдалось только в 11,4% случаев (13 глаз). Анизометропия отмечалась в 38,6% случаях (44 глаза). В итоге нарушения аккомодации до выполнения ФемтоЛАСИК выявлялись у пациентов контрольной группы в 88,9% случаев (108 глаз). У пациентов группы контроля были обнаружены также сниженные фузионные резервы конвергенции и дивергенции, а также сниженное среднее значение ЗОА, которое составило  $1,75 \pm 0,90$  дптр. Среднее значение балльной оценки по тест-опроснику CISS было равно  $28,8 \pm 9,0$  балла, что подтверждало наличие астенопии.

У пациентов контрольной группы синдром сухого глаза отсутствовал. Среднее значение теста Ширмера составило  $23,6 \pm 1,4$  мм, а пробы Норна —  $14,6 \pm 1,8$  с (более 10 с).

Через неделю после операции ФемтоЛАСИК у пациентов контрольной группы было выявлено снижение НКОЗ, но при этом среднее значение МКОЗ не изменялось. Это было связано с появлением отрицательного сферозэквивалента рефракции:  $-1,1 \pm 1,3$  дптр (см. табл. 2).

После проведения дробной медикаментозной циклоплегии отрицательный СЭР был нейтрализован, и при этом среднее значение истинной рефракции соответствовало эметропии ( $0,18 \pm 0,35$  дптр, M  $\pm$  SD). Необходимо отметить, что данные изменения СЭР были выявлены у 48 пациентов (48 глаз) после ФемтоЛАСИК, что составило 42,1% случаев. У данных пациентов до ФемтоЛАСИК отмечалось наличие ПИНА, слабости аккомодации или комбинированного нарушения аккомодации. Развитие в раннем послеоперационном периоде состояния, которое характеризовалось астенопическими жалобами, транзитным снижением НКОЗ, появлением в послеоперационном периоде отрицательного СЭР, нейтрализующегося на фоне медикаментозной циклоплегии, получило название послеоперационного синдрома ложной миопизации (СЛМ). При этом улучшения аккомодации не было. Распределение аккомодационных нарушений у пациентов контрольной группы через неделю после ФемтоЛАСИК соответствовало дооперационному состоянию: ПИНА отмечалось в 18,4% (21 глаз), слабость аккомодации — в 36,8% (42 глаза) и комбинированные нарушения — в 31,6% (36 глаз). Достоверных изменений в значениях фузионных резервов также не выявлено (p > 0,05).

**Таблица 1.** Функциональное лечение аккомодационных нарушений у пациентов основной группы с исходной гиперметропией после ФемтоЛАСИК

**Table 1.** Functional treatment of accommodation disorders in patients of the main group with initial hyperopia after FemtoLASIK

Нарушения аккомодации Accommodation disorders	Медикаментозное лечение Medical treatment	Функциональное лечение Functional treatment	
		оптико-рефлекторные тренировки optical reflective training	аппаратное лечение treatment with special devices
ПИНА Habitually excessive tension of accommodation	Симпатомиметики (ирифрин 2,5%) на ночь по одной капле — месяц Sympathomimetics (Iрифрин 2.5%) at night, 1 drop — 1 month	«Визотроник», «Макдэл-09» Vizotronic, Macdel 09	Лазерстимуляция цилиарной мышцы, магнитотерапия Laser stimulation of the ciliary muscle, magnetotherapy
Слабость аккомодации Weakness of accommodation	Симпатомиметики (ирифрин 2,5%) по одной капле на ночь до 3 мес Sympathomimetics (Iрифрин 2.5%) 1 drop at night for up to 3 months	«Каскад», «Форбис», «Окисис», «Макдэл-09» Kaskad, Forbis, Oksis, Macdel 09	Лазерстимуляция цилиарной мышцы, электростимуляция Laser stimulation of the ciliary muscle, electrical stimulation

**Таблица 2.** Клинико-функциональные показатели пациентов контрольной группы с гиперметропией до и через неделю после ФемтоЛАСИК, М ± SD

**Table 2.** Clinical and functional parameters of patients in the control group with hyperopia before and 1 week after FemtoLASIK, M ± SD

Показатели Indicators	До ФемтоЛАСИК Before FemtoLASIK	Неделя после ФемтоЛАСИК 1 week after FemtoLASIK	p-level
НКОЗ Uncorrected visual acuity	0,48 ± 0,30	0,32 ± 0,34	0,01
МКОЗ Best corrected visual acuity	0,67 ± 0,25	0,72 ± 0,20	> 0,05
СЭР, дптр Spherocivalent refraction, D	1,59 ± 1,70	-1,1 ± 1,3	0,001
СЭР, на фоне циклоплегии, дптр Spherocivalent refraction on the background of medical cycloplegia, D	3,4 ± 2,0	0,18 ± 0,35	0,001
К сред., дптр Mean value of keratometry, D	43,25 ± 1,70	46,4 ± 1,8	0,001
КМФ, частота сокращений в минуту Coefficient of microfluctuations, frequency of contractions per minute	63,3 ± 5,8	62,6 ± 5,9	> 0,05
КАО, дптр Accommodation response coefficient, D	0,54 ± 0,56	0,43 ± 0,45	> 0,05
ЗОА, дптр Reserve of relative accommodation, D	1,75 ± 0,80	1,86 ± 0,60	> 0,05
CISS, баллы CISS, scores	28,8 ± 9,0	24,5 ± 6,3	0,001
Фузионные резервы конвергенции, градусы, (+) Fusional convergence reserves, degrees, (+)	5,8 ± 5,5	6,3 ± 4,9	> 0,05
Фузионные резервы дивергенции, градусы, (-) Fusion divergence reserves, degrees, (-)	-1,8 ± 1,5	-1,9 ± 1,6	> 0,05

**Таблица 3.** Клинико-функциональные показатели у пациентов 1-й (контрольной) группы через 1, 6 и 12 мес после операции ФемтоЛАСИК, М ± SD

**Table 3.** Clinical and functional parameters in patients of the 1st (control) group 1, 6 and 12 months after FemtoLASIK surgery, M ± SD

Показатели Indicators	1 мес 1 month	6 мес 6 months	12 мес 12 months	p-level
НКОЗ Uncorrected visual acuity	0,50 ± 0,23	0,76 ± 0,12	0,90 ± 0,05	< 0,05
МКОЗ Best corrected visual acuity	0,78 ± 0,08	0,85 ± 0,06	0,89 ± 0,06	> 0,05
СЭР, дптр Spherocivalent refraction, D	-0,6 ± 1,5	-0,1 ± 0,3	0,06 ± 0,33	< 0,05
СЭР на фоне циклоплегии, дптр Spherocivalent refraction under cycloplegia, D	0,16 ± 0,26	0,14 ± 0,30	0,10 ± 0,26	> 0,05
К сред., дптр Mean value of keratometry, D	46,1 ± 1,8	46,0 ± 1,7	45,8 ± 1,8	< 0,05
КМФ, частота в минуту Coefficient of microfluctuations, frequency of contractions per minute	62,2 ± 6,7	57,4 ± 1,4	58,1 ± 1,4	> 0,05
КАО, дптр Accommodation response coefficient, D	0,40 ± 0,27	0,54 ± 0,48	0,6 ± 0,3	> 0,05
ЗОА, дптр Reserve of relative accommodation, D	2,0 ± 0,6	2,3 ± 0,5	2,4 ± 0,6	> 0,05
CISS, баллы CISS, scores	22,4 ± 6,7	15,3 ± 5,7	15,4 ± 4,8	< 0,01
Фузионные резервы конвергенции, градусы, (+) Fusional convergence reserves, degrees, (+)	7,5 ± 5,9	8,6 ± 5,7	8,7 ± 5,4	< 0,05
Фузионные резервы дивергенции, градусы, (-) Fusion divergence reserves, degrees, (-)	-2,1 ± 1,6	-2,1 ± 1,6	-2,0 ± 0,7	> 0,05

В таблице 3 представлены клинико-функциональные результаты пациентов группы контроля через 1, 6 и 12 мес после операции ФемтоЛАСИК.

На сроке наблюдения один месяц после операции пациенты контрольной группы демонстрировали уменьшение проявления СЛМ, однако отрицательный СЭР продолжал

сохраняться, соответственно острота зрения вдаль у пациентов была недостаточно высокой. И только на сроке наблюдения 6 мес после операции ФемтоЛАСИК выраженность СЛМ значительно уменьшилась. Отмечалось достоверное улучшение состояния аккомодации: нормальная аккомодация наблюдалась в 4,7 раза чаще (с 11,4% увеличилась до 54,4%),



уменьшились проявления ПИНА в 5,2 раза (с 23,7 до 4,5%), комбинированные нарушения стали встречаться в 3,5 раза реже, однако устойчиво сохранялась слабость аккомодации.

По данным кератометрии регресс рефракционного результата более 1,0 дптр через 12 мес после ФемтоЛАСИК отмечался на 11 глазах, что составило 9,6%. Среднее значение регресса рефракционного результата составило  $0,60 \pm 0,38$  (M  $\pm$  SD). Максимальное значение регресса рефракционного результата после операции составило 1,4 дптр за 12 мес наблюдения. При этом различие между средними значениями кератометрии через неделю после ФемтоЛАСИК ( $46,4 \pm 1,8$  дптр) и через 12 мес после данной операции ( $45,8 \pm 1,8$  дптр) было статистически достоверным ( $t = 2,5$ ;  $p < 0,05$ ).

Через 6 мес после операции ФемтоЛАСИК выявлено также достоверное снижение выраженности астиопии, средний балл по тест-опроснику CISS снизился до  $15,3 \pm 5,7$ .

У 120 пациентов основной группы (120 глаз) до операции ФемтоЛАСИК клинико-функциональные показатели были сопоставимы с контрольной группой: исходное значение НКОЗ до операции составило  $0,44 \pm 0,30$ , МКОЗ —  $0,75 \pm 0,25$ , СЭР на фоне медикаментозной циклоплегии —  $3,3 \pm 1,0$  дптр (табл. 4). Длина ПЗО в среднем была  $22,10 \pm 0,76$  мм, что также соответствовало гиперметропической рефракции. Показатель КМФ в основной группе составил  $63,6 \pm 6,1$  сокращения в минуту, а среднее значение КАО —  $0,51 \pm 0,47$  дптр.

У пациентов основной группы, так же как и в группе контроля, наблюдалось снижение фузионных резервов конвергенции и дивергенции, снижение ЗОА, который в среднем составил  $1,6 \pm 0,9$  дптр. Среднее значение балльной оценки по тест-опроснику CISS было равно  $31,5 \pm 9,9$  балла, что подтверждало наличие астиопии.

Для профилактики развития у пациентов основной группы СЛМ после ФемтоЛАСИК был разработан способ

профилактики развития ложной миопической рефракции после кераторефракционных операций у пациентов с гиперметропией [22], который основан на обязательном проведении компьютерной аккомодографии на этапе планирования эксимер-лазерной хирургии. При выявлении повышенного значения КМФ более 62 сокращений в минуту и/или при КАО менее 0,5 дптр пациентам основной группы назначали ношение мягких контактных линз в течение 1–3 мес в сочетании с интиляциями 2,5% раствора фенилэфрина (ирифрина) по одной капле вечером в течение месяца. Через месяц проводили повторно компьютерную аккомодографию. При регистрации нормальных значений КМФ и КАО выполняли кераторефракционную хирургию.

Клинико-функциональные результаты после применения способа профилактики развития ложной миопии у 104 пациентов основной группы (104 глаза) с нарушениями аккомодации представлены в таблице 5. У 16 пациентов основной группы (16 глаз) исходные показатели аккомодограммы были в норме.

Через 1–3 мес применения способа профилактики развития СЛМ у пациентов основной группы отмечалось достоверное уменьшение КМФ ( $p < 0,05$ ) и увеличение КАО ( $p < 0,05$ ). Среднее значение ЗАО увеличилось на 18,75% ( $p = 0,01$ ), уменьшилась выраженность астиопии на 24,4% ( $p = 0,001$ ).

В отличие от контрольной группы, через неделю после ФемтоЛАСИК у пациентов основной группы отмечалось увеличение НКОЗ до  $0,70 \pm 0,34$  (см. табл. 4). Анализ показателей аккомодографии у пациентов контрольной группы выявил повышенное значение КМФ, в среднем  $62,6 \pm 5,9$  микрофлюктуации в минуту, что превышало нормальные значения и достоверно отличалось от основной группы, где КМФ был равен в среднем  $57,3 \pm 3,9$  микрофлюктуации в минуту ( $p < 0,05$ ). В контрольной группе через неделю после ФемтоЛАСИК среднее значение КАО

**Таблица 4.** Клинико-функциональные показатели пациентов с гиперметропией (основная группа) до и через неделю после ФемтоЛАСИК, 120 глаз, M  $\pm$  SD

**Table 4.** Clinical and functional parameters in patients with hyperopia (main group) before and 1 week after FemtoLASIK, 120 eyes, M  $\pm$  SD

Показатели Indicators	До ФемтоЛАСИК Before FemtoLASIK	Через неделю после ФемтоЛАСИК 1 week after FemtoLASIK	p-level
НКОЗ Uncorrected visual acuity	$0,44 \pm 0,30$	$0,70 \pm 0,34$	0,01
МКОЗ Best corrected visual acuity	$0,75 \pm 0,25^*$	$0,78 \pm 0,18$	$> 0,05$
СЭР, дптр Spheroequivalent refraction, D	$2,8 \pm 1,1$	$0,25 \pm 0,42$	0,001
СЭР, на фоне циклоплегии, дптр Spheroequivalent refraction under cycloplegia, D	$3,3 \pm 1,0$	$0,21 \pm 0,32$	0,001
К сред., дптр Mean value of keratometry, D	$42,5 \pm 1,2$	$45,7 \pm 1,9$	0,001
КМФ, частота в минуту Coefficient of microfluctuations, frequency of contractions per minute	$63,6 \pm 6,1$	$57,3 \pm 3,9$	0,01
КАО, дптр Accommodation response coefficient, D	$0,51 \pm 0,47$	$0,62 \pm 0,32$	$> 0,05$
ЗОА, дптр Reserve of relative accommodation, D	$1,6 \pm 0,9$	$2,1 \pm 0,7$	$< 0,05$
CISS, баллы CISS, scores	$31,5 \pm 9,9$	$21,8 \pm 3,3$	0,001
Фузионные резервы конвергенции, градусы, (+) Fusional convergence reserves, degrees, (+)	$5,6 \pm 6,5$	$9,4 \pm 3,3$	$< 0,05$
Фузионные резервы дивергенции, градусы, (-) Fusion divergence reserves, degrees, (-)	$-1,9 \pm 0,5$	$-2,0 \pm 0,7$	$> 0,05$

**Таблица 5.** Клинико-функциональные показатели у пациентов с гиперметропией (основная группа) с нарушениями аккомодации через 1–3 мес после применения способа профилактики ложной миопизации, 104 глаза, M ± SD  
**Table 5.** Clinical and functional parameters in patients with hyperopia (main group) with accommodation disorders after 1–3 months after using the method of preventing false myopization, 104 eyes, M ± SD

Показатели Indicators	Исходные значения Initially	Через 1–3 мес After 1–3 months	p-level
КМФ, частота в минуту Coefficient of microfluctuations, frequency of contractions per minute	63,6 ± 6,1	59,7 ± 3,5	0,01
КАО, дптр Accommodation response coefficient, D	0,51 ± 0,47	0,64 ± 0,44	< 0,05
ЗОА, дптр Reserve of relative accommodation, D	1,6 ± 0,9	1,9 ± 0,8	< 0,05
CISS, баллы CISS, scores	31,5 ± 9,9	23,8 ± 3,3	0,001

(0,43 ± 0,45 дптр) было достоверно ниже, чем в основной группе (0,62 ± 0,32 дптр), и соответствовало слабости аккомодации, в то время как в основной группе среднее значение находилось в диапазоне значений нормы (от 0,5 до 1,0 дптр). Среднее значение ЗОА у пациентов контрольной группы равнялось 1,86 ± 0,60 дптр, а в основной группе было выше — 2,1 ± 0,7 дптр. Одновременно в основной группе увеличились положительные фузионные резервы до 9,4 ± 3,3° по сравнению с контрольной — 6,3 ± 4,9° (p < 0,05). Различия между средними значениями СЭР, КМФ и КАО у лиц контрольной и основной групп было статистически достоверным (p < 0,05).

Улучшение состояния аккомодации у пациентов основной группы сочеталось с достоверным увеличением ЗАО (до 2,1 ± 0,7 дптр) и уменьшением астигматических проявлений на 11% по балльной оценке теста CISS. Нормальные показатели аккомодограммы были зарегистрированы на 69 глазах (в 57,5% случаев).

СЛМ у пациентов основной группы отмечался через неделю после ФемтоЛАСИК только на 17 (14,2%) глазах — в 3 раза реже, чем у лиц группы контроля. Данным пациентам основной группы с выявленными нарушениями аккомодации в послеоперационном периоде проводили медикаментозное и функциональное лечение.

Через месяц после ФемтоЛАСИК у пациентов основной группы отмечались наилучшие результаты по достижению целевой рефракции. Через месяц среднее значение СЭР в обычных условиях сравнялось со СЭР после проведения медикаментозной циклоплегии (p > 0,05). Средние значения СЭР через 6 и 12 мес не отличались от среднего значения СЭР, которое было получено через месяц после операции (p > 0,05). СЛМ был отмечен только на 4 глазах — в 3,3% случаях (табл. 6).

Наилучшие показатели аккомодографии отмечались также через месяц после операции. Среднее значение КМФ было равно 55,8 ± 3,4 сокращения в минуту, а среднее значение КАО — 0,73 ± 0,23 дптр. Различия данных показателей с их значениями через 6 и 12 мес было недостоверным (p > 0,05).

Через 6 мес отмечалось достоверное повышение НКОЗ в основной группе до 0,92 ± 0,14 и МКОЗ до 0,90 ± 0,08, в контрольной группе — до 0,76 ± 0,12 и 0,85 ± 0,06 соответственно. В отличие от контрольной группы, в основной группе СЭР соответствовал эметропии и составил в среднем 0,11 ± 0,33 дптр (p < 0,05). Среднее значение ЗОА у пациентов основной группы (2,5 ± 0,5 дптр) было достоверно выше (p < 0,05), чем в контрольной группе (2,3 ± 0,5 дптр). Исследование объективных показателей аккомодации методом аккомодографии показало, что средние значения КМФ

и КАО в основной и контрольной группах характеризовались нормальным уровнем высокочастотных микрофлюктуаций и амплитудой аккомодационного ответа. Так, среднее значение КМФ в контрольной и основной группах через 6 мес после операции не превышало верхнего значения нормы (не более 62 сокращений в минуту) и составило 57,4 ± 1,4 и 56,3 ± 3,2 микрофлюктуации в минуту соответственно.

Через год после ФемтоЛАСИК показатели НКОЗ в контрольной и основной группах достоверно не отличались и достигли 0,90 ± 0,05 и 0,95 ± 0,05, показатели МКОЗ также выравнивались и составили 0,89 ± 0,06 и 0,93 ± 0,08 соответственно. Наблюдалось отсутствие отрицательного СЭР в условиях узкого зрачка в обеих группах.

По данным кератометрии регресс рефракционного результата у пациентов основной группы более 1,0 дптр через 12 мес после ФемтоЛАСИК отмечался на 8 глазах, что составило 6,7%. Среднее значение регресса рефракционного результата составило 0,50 ± 0,37 (M ± SD), а максимальное значение этого показателя составило 1,3 дптр через 12 мес после операции. При этом различия между средними значениями кератометрии через неделю после ФемтоЛАСИК (45,7 ± 1,9 дптр) и через 12 мес после данной операции (45,2 ± 1,8 дптр) было статистически достоверным (t = 2,1; p < 0,05).

Уровень целевой рефракции был достигнут в обеих группах через неделю — месяц после операции. Регресс рефракционного результата более 1,0 дптр по данным кератометрии через 12 мес отмечался в обеих группах (в контрольной группе — в 9,6% и в основной группе — в 6,7%). Средние значения КМФ были в пределах нормы в обеих группах и составили 58,1 ± 1,4 сокращения в минуту в контрольной группе и 55,6 ± 3,3 сокращения в минуту — в основной группе. Показатели КАО в обеих группах были в пределах диапазона нормы и составили 0,6 ± 0,3 дптр в контрольной группе и 0,72 ± 0,20 дптр в основной группе. Через год после операции среднее значение ЗОА в основной группе было равно 2,60 ± 0,55 дптр, а в группе контроля — 2,4 ± 0,6 дптр. Фузионные положительные резервы также увеличились до 11,6 ± 4,3 град. в основной группе, а в контрольной лишь до 8,7 ± 5,4 град (p < 0,05).

## ОБСУЖДЕНИЕ

Применение медикаментозного и функционального лечения у пациентов основной группы позволило улучшить показатели аккомодограммы и фузионных резервов, ускорить реабилитацию пациентов с гиперметропией слабой и средней степени после ФемтоЛАСИК и достигнуть максимальных значений клинико-функциональных показателей после операции в сроки от недели до месяца. Средние балльные значения показателя тест-опросника CISS у пациентов

**Таблица 6.** Клинико-функциональные показатели 120 пациентов основной группы (120 глаз) через неделю, месяц, 6 и 12 мес после операции ФемтоЛАСИК, М ± SD  
**Table 6.** Clinical and functional parameters in 120 patients of the main group (120 eyes) at the follow-up period of 1 week, 1 month, 6 and 12 months after FemtoLASIK surgery, M ± SD

Показатели Indicators	Одна неделя 1 week	Один месяц 1 month	6 мес 6 months	12 мес 12 months
НКОЗ Uncorrected visual acuity	0,70 ± 0,34 <sup>1</sup>	0,85 ± 0,20 <sup>2</sup>	0,92 ± 0,14 <sup>3</sup>	0,95 ± 0,05
МКОЗ Best corrected visual acuity	0,78 ± 0,18 <sup>1</sup>	0,85 ± 0,18 <sup>2</sup>	0,90 ± 0,08 <sup>3</sup>	0,93 ± 0,08 <sup>4</sup>
СЭР, дптр Spherical equivalent refraction, D	0,25 ± 0,42 <sup>1</sup>	0,12 ± 0,38 <sup>2</sup>	0,11 ± 0,33	0,1 ± 0,3
СЭР на фоне циклоплегии, дптр Spheroequivalent refraction under cycloplegia, D	0,21 ± 0,32 <sup>1</sup>	0,12 ± 0,22 <sup>2</sup>	0,14 ± 0,30	0,12 ± 0,24
К сред., дптр Mean value of keratometry, D	45,7 ± 1,9	45,5 ± 1,8	45,4 ± 1,7	45,2 ± 1,8
КМФ, частота сокращений в минуту Coefficient of microfluctuations, frequency of contractions per minute	57,3 ± 3,9 <sup>1</sup>	55,8 ± 3,4 <sup>2</sup>	56,3 ± 3,2	55,6 ± 3,3
КАО, дптр Accommodation response coefficient, D	0,62 ± 0,32 <sup>1</sup>	0,73 ± 0,23 <sup>2</sup>	0,69 ± 0,25	0,72 ± 0,20
ЗОА, дптр Reserve of relative accommodation, D	2,1 ± 0,7 <sup>1</sup>	2,6 ± 0,4 <sup>2</sup>	2,5 ± 0,5	2,60 ± 0,55
CISS, баллы CISS, scores	21,8 ± 3,3 <sup>1</sup>	15,4 ± 3,2 <sup>2</sup>	15,2 ± 5,8	15,6 ± 4,7
Фузионные резервы конвергенции, градусы, (+) Fusional convergence reserves, degrees (+)	7,3 ± 3,8 <sup>1</sup>	9,4 ± 3,3 <sup>2</sup>	11,2 ± 4,2 <sup>3</sup>	11,6 ± 4,3
Фузионные резервы дивергенции, градусы, (-) Fusion divergence reserves, degrees, (-)	-2,0 ± 0,7	-2,1 ± 0,65	-2,1 ± 0,7	-2,00 ± 0,65

**Примечание.** Различия между средними значениями, отмеченные значками <sup>1</sup> и <sup>2</sup>, а также <sup>2</sup> и <sup>3</sup>, <sup>3</sup> и <sup>4</sup>, статистически достоверны ( $t > 2,0$ ;  $p < 0,05$ ).

**Note.** The difference between the means marked with <sup>1</sup> and <sup>2</sup>, as well as <sup>2</sup> and <sup>3</sup>, <sup>3</sup> and <sup>4</sup>, is statistically significant ( $t > 2.0$ ;  $p < 0.05$ ).

основной группы достигли значений диапазона нормы через месяц после ФемтоЛАСИК, а пациенты контрольной группы — только через 6 мес. Применение медикаментозного и функционального лечения у пациентов основной группы в 57,5% случаев позволило уже через неделю после ФемтоЛАСИК добиться нормализации показателей аккомодации. Слабость аккомодации у пациентов основной группы встречалась на 30% реже, чем в группе контроля, в которой в 2,45 раза чаще, чем в основной группе, отмечалось ПИНА. Комбинированные нарушения аккомодации выявлялись у пациентов основной группы в 2,37 раза реже, чем в группе контроля.

Через 12 мес после ФемтоЛАСИК нормализация показателей аккомодации у пациентов основной группы отмечена в 85,8% случаях, что в 1,25 раза выше, чем у лиц контрольной группы. Слабость аккомодации у пациентов основной группы встречалась в 2,2 раза реже, чем в группе контроля. ПИНА у лиц контрольной группы отмечалось в 6,1% случаях (7 глаз), а у пациентов основной группы — в 3,4% (4 глаза). Комбинированное нарушение аккомодации выявлено только у одного пациента основной группы (0,8%), что было в 4,5 раза меньше, чем в контрольной группе (3,6%).

Полученные клинико-функциональные результаты свидетельствуют о клинической значимости выявления нарушений аккомодации при планировании кераторефракционной хирургии у пациентов с гиперметропией слабой и средней степени. Нарушения аккомодации в виде ПИНА, слабости аккомодации и комбинированные нарушения оказывают влияние в послеоперационном периоде после ФемтоЛАСИК на результаты НКОЗ, МКОЗ, ЗОА, фузионные резервы и на выраженность астенопических жалоб пациен-

тов, а также на возникновение СЛМ. В результате предоперационных профилактических мероприятий СЛМ у пациентов основной группы после ФемтоЛАСИК отмечался только в 14,2% случаях, что почти в 3 раза меньше, чем у пациентов контрольной группы. Регресс рефракционного результата ФемтоЛАСИК требует дальнейшего исследования.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение клинико-функциональной системы реабилитации пациентов с гиперметропией слабой и средней степени с нарушениями аккомодации до и после ФемтоЛАСИК позволяет достигнуть максимальных клинико-функциональных результатов уже через месяц после операции и добиться наилучших результатов в лечении нарушений аккомодации.

### Литература/References

1. Катаргина Л.А., Тарутта Е.П., Прокуркина О.В. и др. Аккомодация: к вопросу о терминологии. Российский офтальмологический журнал. 2011; 4 (3): 93–4. [Katargina L.A., Tarutina E.P., Proskurina O.V., et al. Accommodation: the challenge of terminology. Russian ophthalmological journal. 2011; 4 (3): 93–4 (in Russian)].
2. Куликова И.Л., Пахтаев Н.П. Кераторефракционная лазерная хирургия в реабилитации детей и подростков с гиперметропической рефракцией. Москва; 2012. [Kulikova I.L., Pashtaev N.P. Keratorefractive laser surgery in rehabilitation of children and adolescents with hyperopic refraction. Moscow; 2012 (in Russian)].
3. Кушнаревич Н.Ю. Агрессивный подход к управлению гиперметропией: метод максимального использования адаптационных резервов, заложенных природой в алгоритмы развития рефракции. Российский офтальмологический журнал. 2017; 10 (2): 78–85. [Kushnarevich N.Y. An aggressive approach to hyperopia management: a method of maximum use of adaptive reserves intrinsic for the algorithms of natural refractive development. Russian ophthalmological journal. 2017; 10 (2): 78–85 (in Russian)]. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2017-10-2-78-85>

4. *Покровская Е.Л.* Состояние аккомодационной системы глаза как индикатор эффективности коррекции аномалий рефракции. *Офтальмология*. 2016; 13 (4): 278–81. [*Pokrovskaya E.L.* State of the accommodative system of the eye as an indicator of the efficiency of refractive error correction. *Ophthalmology*. 2016; 13 (4): 278–81 (in Russian)]. doi: 10.18008/1816-5095-2016-4-278-281
5. *Ефимова Е.Л., Бржеский В.В., Панова И.Е. и др.* Эффективность препаратов Ирифрин 2,5% и Ирифрин-БК 2,5% в лечении компьютерного зрительного синдрома. *Российский офтальмологический журнал*. 2017; 10 (1): 74–9. [*Efimova E.L., Brzesky V.V., Panova I.E., et al.* The effectiveness of Irifrin 2.5% and Irifrin-БК 2.5% drugs in the treatment of computer vision syndrom. *Russian ophthalmological journal*. 2017; 10 (1): 74–9 (in Russian)]. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2017-10-1-74-79>
6. *Иомдина Е.Н., Полоз М.В.* Возможности использования биомеханической модели глаза для изучения возрастных изменений аккомодационной способности. *Российский офтальмологический журнал*. 2011; 1: 17–21. [*Iomdina E.N., Poloz M.V.* Potentials of using the biomechanical model of the eye in the study of age-related changes of eye accommodation ability. *Russian ophthalmological journal*. 2011; 1 (1): 17–21 (in Russian)].
7. *Проскурина О.В.* Дифференциальная диагностика схожих аккомодационных нарушений. *Российская педиатрическая офтальмология*. 2014; 3: 25–7. [*Proskurina O.V.* Differential diagnosis of similar accommodative disorders. *Russian pediatric ophthalmology*. 2014; 3: 25–7 (in Russian)].
8. *Балалин С.В., Труфанова Л.П.* Офтальмогипертензионный синдром перенапряжения аккомодации как фактор риска прогрессирования миопии. *Национальный журнал глаукома*. 2019; (2): 29–37. [*Balalin S.V., Trufanova L.P.* Ophthalmohypertensive accommodation overstress syndrome as a risk factor for myopia progression. *National journal of glaucoma*. 2019; (2): 29–37 (in Russian)].
9. *Проскурина О.В., Тарутта Е.П., Иомдина Е.Н., Страхов В.В., Бржеский В.В.* Актуальная классификация астенопии: клинические формы и стадии. *Российский офтальмологический журнал*. 2016; 9 (4): 69–73. [*Proskurina O.V., Tarutta E.P., Iomdina E.N., Strakhov V.V., Brzhesky V.V.* A modern classification of asthenopias: clinical forms and stages. *Russian Ophthalmological Journal*. 2016; 9 (4): 69–73 (in Russian)]. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2016-9-4-69-73>
10. *Lossing L.A., Sinnott L.T., Kao C.Y., et al.* Measuring changes in ciliary muscle thickness with accommodation in young adults. *Optom. Vis. Sci.* 2012; 89 (5): 719–26. <https://doi.org/10.1097/OPX.0b013e318252cade>
11. *Онуфрийчук О.Н., Розенблюм Ю.З.* О привычном тоне аккомодации. *Офтальмология*. 2006; 3 (3): 84–7. [*Onufriyuchuk O.N., Rosenblum Y.Z.* On the habitual tonus of accommodation. *Ophthalmology*. 2006; 3 (3): 84–7 (in Russian)].
12. *Horwood A.M., Riddell P.M.* Hypo-accommodation responses in hypermetropic infants and children. *Br. J. Ophthalmol.* 2011; 95 (2): 231–7. doi: 10.1136/bjo.2009.177378
13. *Marino G.K., Santhiago M.R., Wilson S.E.* Femtosecond Lasers and Corneal Surgical Procedures. *Asia-Pacific Journal of Ophthalmology*. 2017; 6 (5): 456–64. doi: 10.22608/APO.2017163
14. *Сергиенко Н.М., Панасенко Г.М.* Отдаленные результаты хирургической коррекции гиперметропии. *Офтальмологический журнал*. 2000; 4: 11–3. [*Sergienko N.M., Panasenko G.M.* Long-term results of surgical correction of hyperopia. *Ophthalmological journal*. 2000; 4: 11–3 (in Russian)].
15. *Катаргина Л.А., ред.* Аккомодация. Руководство для врачей. Москва: Апрель; 2012: 40–9. [*Katargina L.A., ed.* Accommodation. Guidance for doctors. Moscow: Aprel; 2012: 40–9 (in Russian)].
16. *Фабрикантов О.Л., Матросова Ю.В.* Анизометропия и анизометропическая амблиопия (обзор литературы). *Офтальмология*. 2018; 15 (1): 12–7. [*Fabrikantov O.L., Matrosova Y.V.* Anisometropia and anisometropic amblyopia (review of literature). *Ophthalmology*. 2018; 15 (1): 12–7 (in Russian)]. doi:10.18008/1816-5095-2018-1-12-17
17. *Varley G.A., Huang D., Rapuano C.J., et al.* LASIK for hyperopia, hyperopic astigmatism, and mixed astigmatism. *J. Ophthalmology*. 2004; 111 (8): 1604–17. doi: 10.1016/j.optha.2004.05.016
18. *Prakash G., Sharma N., Sharma P., Choudhary V., Titiyal J.S.* Accommodative spasm after laser-assisted in situ keratomileusis (LASIK). *Am. J. Ophthalmol.* 2007; 143 (3): 540. doi: 10.1016/j.ajo.2006.11.048
19. *Мушкова И.А., Майчук Н.В., Макаров Р.А. и др.* Стромальные помутнения роговицы в комбинации с иррегулярным астигматизмом и гиперметропической рефракцией: двухэтапная технология клинико-функциональной реабилитации. *Офтальмология*. 2018; 15 (2S): 197–204. [*Mushkova I.A., Maychuk N.V., Makarov R.A., et al.* Stromal corneal opacities in combination with irregular astigmatism and hyperopic refraction: a two-stage technique for clinical and functional rehabilitation. *Ophthalmology*. 2018; 15 (2S): 197–204 (in Russian)]. doi: 10.18008/1816-5095-2018-2S-197-204
20. *Овечкин И.Г., Юдин В.Е., Матвиенко В.В., Емельянов Г.А., Шакула А.В.* Аккомодационные нарушения у лиц зрительно-напряженного труда как явлениями психологической дезадаптации. *Российский офтальмологический журнал*. 2014; 7 (1): 39–41. [*Ovechkin I.G., Yudin V.E., Matvienko V.V., Emelyanov G.A., Shakula A.V.* Accommodative disorders in subjects involved in intensive visual work with symptoms of psychological maladjustment. *Russian ophthalmological journal*. 2014; 7 (1): 39–41 (in Russian)].
21. *Мушкова И.А., Майчук Н.В., Маркова Е.Ю. и др.* Современный взгляд на проблему послеоперационного астенопического синдрома у пациентов после кераторефракционной операции. Обзор литературы. *Офтальмология*. 2018; 15 (4): 374–381. [*Mushkova I.A., Maychuk N.V., Markova E. Yu., et al.* A modern view of the problem of postoperative asthenopic syndrome in patients after keratorefractive surgery. Literature review. *Ophthalmology*. 2018; 15 (4): 374–81 (in Russian)]. doi: 10.18008/1816-5095-2018-4-374-381
22. *Кузнецова О.С., Балалин С.В., Солодкова Е.Г.* Способ профилактики развития ложной миопической рефракции после кераторефракционных операций у пациентов с гиперметропией. Патент РФ № 2747363 от 04.05.2021. [*Kuznetsova O.S., Balalin S.V., Solodkova E.G.* A method for preventing the development of false myopic refraction after keratorefractive operations in patients with hyperopia. RU Patent N 2747363, 04.05.2021 (in Russian)].

**Вклад авторов в работу:** О.С. Кузнецова — сбор, статистическая обработка данных и их интерпретация, написание текста статьи; С.В. Балалин — разработка концепции и дизайна исследования, финальная подготовка статьи к публикации.

**Authors' contribution:** O.S. Kuznetsova — data collection, processing and interpretation, writing of the article, S.V. Balalin — concept and design of the study, final approval of the article for publication.

Поступила: 30.03.2022. Переработана: 28.04.2022. Принята к печати: 29.04.2022  
 Originally received: 30.03.2022. Final revision: 28.04.2022. Accepted: 29.04.2022

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

<sup>1</sup> ФГАУ НМИЦ «МНТК "Микрохирургия глаза" им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Волгоградский филиал, ул. Землячки, д. 80, Волгоград, 400138, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России, кафедра офтальмологии Института НМФО, пл. Павших Борцов, д. 1, Волгоград, 400000, Россия

**Ольга Семеновна Кузнецова** — врач-офтальмолог отделения коррекции аномалий рефракции<sup>1</sup>

**Сергей Викторович Балалин** — д-р мед. наук, профессор кафедры<sup>1</sup>, заведующий научным отделом<sup>2</sup>

**Для контактов:** Сергей Викторович Балалин,  
[s.v.balalin@gmail.com](mailto:s.v.balalin@gmail.com)

<sup>1</sup> S.N. Fedorov Eye Microsurgery, Volgograd branch, 80, Zemlyachki St., Volgograd, 400138, Russia

<sup>2</sup> Volgograd State Medical University, Department of Ophthalmology, 1, Pavshikh Bortsov St., Volgograd, 400000, Russia

**Olga S. Kuznetsova** — ophthalmologist, department of refractive pathology<sup>1</sup>  
**Sergei V. Balalin** — Dr. of Med. Sci., professor of chair of ophthalmology<sup>1</sup>, head of scientific department<sup>2</sup>

**Contact information:** Sergei V. Balalin,  
[s.v.balalin@gmail.com](mailto:s.v.balalin@gmail.com)



<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-84-92>

## Сравнение различных вариантов кератометрии у пациентов с роговичным астигматизмом

А.Н. Куликов, Е.В. Даниленко, Е.Ю. Кожевников ✉

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ, ул. Академика Лебедева, д. 6, Санкт-Петербург, 194044, Россия

**Цель работы** — сравнить показатели силы роговицы в основных меридианах, величину и ось роговичного астигматизма, а также воспроизводимость этих показателей при трехкратной биометрии, проведенной с помощью нескольких приборов с разными принципами действия. **Материал и методы.** Трехкратная биометрия на IOL Master 500, Lenstar LS 900, IOL Master 700, Pentacam, Galilei G6 выполнена 22 пациентам (24 глаза) с правильным роговичным астигматизмом 1,89–8,02 дптр. **Результаты.** Данные разделены на группы по принципу математического моделирования роговичной поверхности: I группа — IOL Master 500, Lenstar LS 900, IOL Master 700; II — карты, учитывающие только переднюю роговичную поверхность; III — заднюю поверхность. В группе I Lenstar показал наибольшие значения кератометрии. Во II группе значения  $K_p$ ,  $K_{cp}$  в зоне 6 мм были ниже, чем в зоне диаметра зрачка и всех значений  $K$  в зоне 4 мм; наибольшие значения  $K$  в этой зоне получены на Galilei SimK. В III группе в зоне диаметра зрачка 4,0–4,5 мм все значения  $K$ , полученные на разных устройствах, различались; в зоне 6 мм различались значения только в слабом меридиане. Данные по астигматизму внутри групп I, III не различались, во II группе отличались данные SimK. Значения оси астигматизма, полученные на IOL Master 500, отличались от соответствующих показателей других устройств. Наиболее стабильными оказались приборы группы I, зона 6 мм. **Заключение.** Наибольшие значения кератометрии наблюдаются в случае учета только передней поверхности роговицы, наименьшие — при использовании задней поверхности. При увеличении диаметра измеряемой зоны росла стабильность регистрируемых параметров. Биометры I группы показали наибольшие значения астигматизма при максимальной повторяемости измерений.

**Ключевые слова:** кератотопография; кератометрия; роговичный астигматизм; IOL Master 500; Lenstar LS 900; IOL Master 700; Pentacam, Galilei G6

**Конфликт интересов:** отсутствует.

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

**Для цитирования:** Куликов А.Н., Даниленко Е.В., Кожевников Е.Ю. Сравнение различных вариантов кератометрии у пациентов с роговичным астигматизмом. Российский офтальмологический журнал. 2022; 15 (2) (Приложение): 84–92. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-84-92>

## Comparison of keratometry versions in patients with corneal astigmatism

Aleksey N. Kulikov, Ekaterina V. Danilenko, Evgeniy Yu. Kozhevnikov ✉

S.M. Kirov Military Medical Academy, 6, Academician Lebedev St., St. Petersburg, 194044, Russia  
kozhevnikov@yandex.ru

**Purpose:** to compare the corneal power at main meridians, the magnitude and the axis of corneal astigmatism and the reproducibility of measurements taken three times with different types of biometers. **Material and methods.** 22 subjects (24 eyes) with regular corneal astigmatism 1.89–8.02 D were given three biometry tests using IOL Master 500, Lenstar LS 900, IOL Master 700, Pentacam and Galilei G6. **Results.** The data were divided into groups depending on the principle of mathematical modeling of the corneal surface: group I involved the material processed by IOL Master 500, Lenstar LS 900, IOL Master 700; group II contained maps of the anterior corneal surface; and group III, those of the posterior surface. In group I, Lenstar showed the highest values of keratometry. In group II, the values of  $K_p$ ,  $K_{ave}$  in the 6 mm

area were lower than in the pupil diameter area and than any values of  $K$  in the 4 mm area; the lowest values of  $K$  in this area were obtained on the Pentacam SimK. In group III, in the pupil diameter area (4.0–4.5 mm), all  $K$  values obtained with diverse equipment were different whilst in the 6 mm area the values differed only in the flat meridian. Astigmatism within groups I, III showed no difference while in group II the SimK data were different. The astigmatism axes obtained on IOLMaster 500 differed from the respective data provided by other devices. The devices of group I, 6 mm area, were the most stable. **Conclusions.** The highest values of keratometry are obtained when only the anterior surface of the cornea is taken into account, the lowest values are characteristic of the posterior surface. The stability of the parameter registered grew with the increase of the measured zone diameters. The biometers of group 1 showed the highest values of astigmatism with the maximum repeatability of the measurements.

**Keywords:** keratotopography; keratometry; corneal astigmatism; IOL Master 500; Lenstar LS 900; IOL Master 700; Pentacam, Galilei G6

**Conflict of interests:** there is no conflict of interests.

**Financial disclosure:** No author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

**For citation:** Kulikov A.N., Danilenko E.V., Kozhevnikov E.Yu. Comparison of keratometry versions in patients with corneal astigmatism. Russian ophthalmological journal. 2022; 15 (2) (supplement): 84-92 (In Russian). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-84-92>

Катаракта — наиболее распространенная причина снижения зрения. На долю данного заболевания приходится более 50% всех случаев нарушения зрительной функции у работоспособного населения [1]. Совместно с развитием технологий в офтальмологии растут и ожидания пациентов после лечения [2]. Поэтому хирургия катаракты преследует цель не только восстановления прозрачности оптических сред глаза, но и получения максимальной остроты зрения без средств дополнительной коррекции [2]. У 15–29% пациентов, нуждающихся в фактоэмульсификации (ФЭ), роговичный астигматизм составляет более 1,5 дптр, а у 3–15% — более 2,0 дптр [3]. Это требует имплантации торической интраокулярной линзы (ИОЛ) для исключения необходимости его коррекции с помощью очков, контактных линз, нередко неудобных в использовании, или проведения дополнительных хирургических вмешательств, увеличивающих риск осложнений и в ряде случаев имеющие противопоказания [4–6]. Рефракционный результат ФЭ с имплантацией ИОЛ складывается из точности предоперационной биометрии и погрешности выбранной формулы расчета. К примеру, неточность расчета силы торического компонента приводит к недостаточной или избыточной коррекции роговичного астигматизма и снижению некорректированной остроты зрения, а ошибка позиционирования оси торической ИОЛ на  $1,0^\circ$  дает потерю эффективности до 3,3% [7]. В расчет закладываются данные кератометрии или кератотопографии, соответственно, его точность может зависеть от выбора того или иного прибора или карты. На сегодняшний день в офтальмологии используется большое количество биометров и кератотопографов, однако оптимизация применения результатов измерений, основанная на определенных критериях, на сегодняшний день не проведена, что повышает вероятность отклонения рефракционного результата от запланированного в послеоперационном периоде [8, 9].

**ЦЕЛЬ** работы — сравнить показатели силы роговицы в основных меридианах, величину роговичного астигматизма и его ось с учетом их повторяемости при трехкратной биометрии, проведенной с помощью нескольких приборов с разным принципом действия.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование выполнено на кафедре офтальмологии им. профессора В.В. Волкова Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова. В него вошло 22 человека (24 глаза), в том числе 12 женщин и 10 мужчин, в возрасте от 34 до 81 года (в среднем 58 лет) с правильным роговичным астигматизмом от 1,89 до 8,02 дптр ( $3,42 \pm 1,59$  дптр) по данным

IOL Master 500. Значения слабого меридиана варьировались от 38,93 до 45,98 дптр ( $42,43 \pm 1,64$ ), а сильного — от 40,93 до 50,88 дптр ( $45,85 \pm 1,87$ ). Исключались пациенты с невозможностью фиксации взгляда, с заболеваниями роговицы или проведенными ранее кераторефракционными вмешательствами. Критерием исключения было также оперативное вмешательство на глазном яблоке в анамнезе. Всем пациентам выполнена трехкратная биометрия на приборах: IOL Master 500 (IOLM500; Carl Zeiss Meditec AG, Германия), Lenstar LS 900 (LS; Haag-Streit, Швейцария), IOL Master 700 (IOLM700; Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Германия) — без алгоритма Total Keratometry, Pentacam (Oculus, Германия), Galilei G6 (Ziemer, Швейцария). IOL Master 500, Lenstar LS 900, IOL Master 700 на основании проекции на переднюю поверхность роговицы ограниченного количества точек определяют ее преломляющую силу [10, 11]. В Pentacam использован принцип фотографической регистрации оптического среза преломляющих сред глаза, разработанный в 1904 г. венским ученым Теодором Шаймпфлюгом. Основой прибора является вращающаяся шаймпфлюг-камера, с помощью которой за одно сканирование в течение 2 с можно получить до 50 изображений оптического среза, которые захватываются и хранятся на ПЗФ-матрице для дальнейшего компьютерного анализа [12]. Принцип работы Galilei G6 состоит в построении трехмерной модели структур переднего отрезка глаза с помощью метода комбинированной видеокартоскопии. Он сочетает две технологии: диска Пласидо и шаймпфлюг-камеры. В отличие от Pentacam, Galilei G6 оснащен двумя шаймпфлюг-камерами, что позволяет сократить время исследования [13].

Анализируются данные силы роговицы в основных меридианах ( $K_1$ ,  $K_2$ , арифметическое среднее первых двух величин —  $K_{cp}$ ), величина астигматизма и его ось. В шаймпфлюг-камере Pentacam для анализа выбраны карты Equivalent K-readings 65 power map в зоне зрачка (EKR\_pd), 3-мм (EKR3), 4,5-мм (EKR4,5) и 6-мм (EKR6) зонах; Refractive power map (anterior surface) — в зоне зрачка (Ant\_pd), 3-мм (Ant3), 4-мм (Ant4) и 6-мм (Ant6) зонах; Total corneal refractive power map — в зоне зрачка (Tot\_pd), 3-мм (Tot3), 4-мм (Tot4) и 6-мм (Tot6) зонах; карта Cataract-Pre-OP (P. SimK), где анализируется зона 4,5 мм. В кератотопографе Galilei G6 для анализа выбраны карты SimK (G. SimK), Total Cornea Power IOL (G. Tot) с актуальной зоной 4 мм.

*Статистический анализ* данных проводился в программе Statistica 10.0. Для оценки нормальности распределения применялся критерий Колмогорова — Смирнова и Шапиро — Уилка. При сравнении одной категории данных с

нормальным распределением ( $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_{cp}$ , астигматизм) использовался дисперсионный анализ для повторных наблюдений и t-критерий Стьюдента для связанных выборок, критерий Уилкоксона и критерий знаков. В случае, когда данные не имели нормального распределения, их анализировали с помощью критерия Краскела — Уоллиса с последующим применением U-критерия Манна — Уитни. Уровень значимости принят равным 0,05.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для анализа параметров роговицы и расчета сферического и торического компонентов ИОЛ используются разные параметры кератометрии и кератотопографии. Величины  $K_1$  и  $K_2$ , а также их усредненная величина используются для описания роговичной поверхности и расчета сферического компонента ИОЛ. При анализе эти параметры имели нормальное распределение (тест Колмогорова — Смирнова,  $p > 0,02$ , критерий Шапиро — Уилка,  $p > 0,05$ ), в связи с чем к ним применены параметрические методы статистического анализа. На рисунке 1 приведены средние значения кератометрических величин.

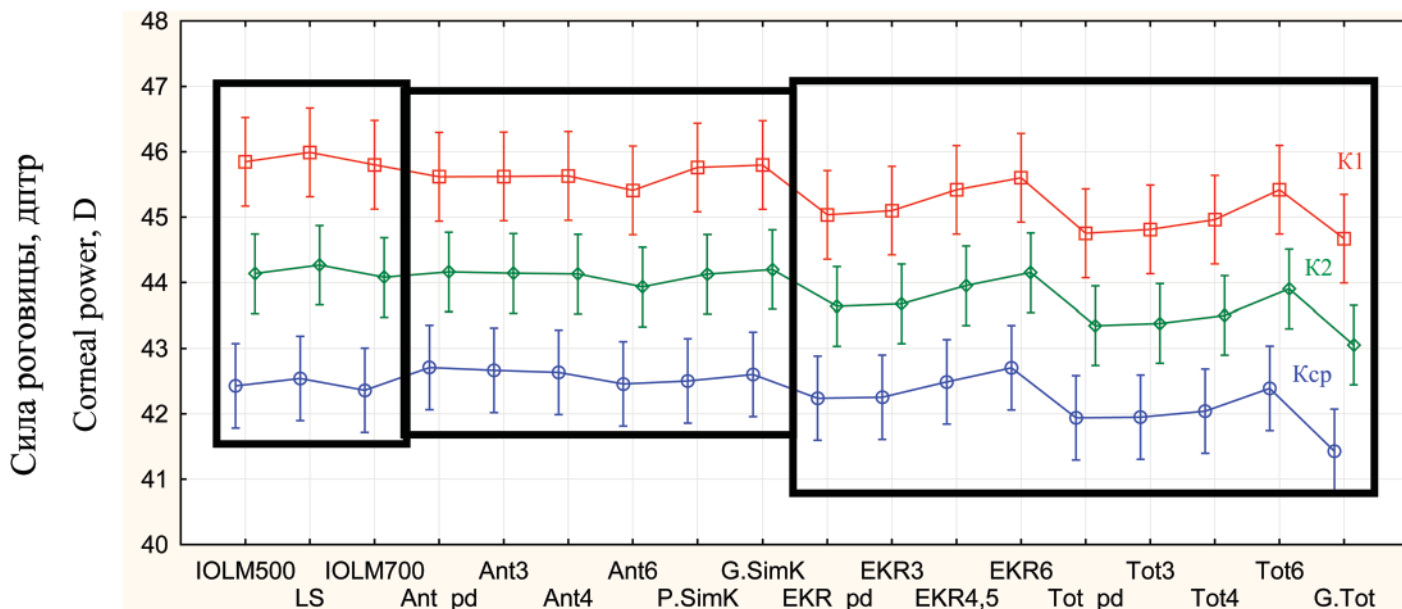
Дисперсионный анализ повторных измерений (ANOVA) выявил достоверную разницу ( $p = 0,000$ ) между разными методами получения данных о силе роговицы в основных меридианах (табл. 1). Далее для выявления схожих и отличных методов и карт мы разделили их на группы по принципу одинакового математического моделирования роговичной поверхности.

В I группу вошли биометры IOLM500, IOLM700 и LS. При множественном сравнении группа не признана однородной ( $p = 0,017$ ). LS имел достоверно большие значения кератометрии в основных меридианах в сравнении с IOLM500 ( $p_{K1} = 0,039$ ,  $p_{K2} = 0,000$ ,  $p_{K_{cp}} = 0,000$ ), а также в крутом меридиане и по  $K_{cp}$  в сравнении с IOLM700 ( $p_{K2} = 0,016$ ,  $p_{K_{cp}} = 0,004$ ). Показатели IOLM500 и IOLM700 были схожи (все  $p > 0,05$ ).

При рассмотрении карт кератотопографов, описывающих параметры роговицы только по ее передней поверхности (II группа), мы выделили Pentacam “Sagittal curvature

map” (передняя поверхность), Cataract-pre-OP (SimK 4,5 мм зона) и SimK в кератотопографе Galilei (4,0 мм зона). В карте Pentacam “Sagittal curvature map” также можно выбрать зоны с разным диаметром. Мы рассмотрели 3-, 4-, 6-мм зоны и зону диаметра зрачка. Для исследуемой выборки показатели кератометрии в указанных зонах статистически значимо отличались (ANOVA,  $p = 0,015$ ). При попарном сравнении апостериорный анализ (T-критерий для связанных выборок с равным объемом) среди данных карты Refractive power map (anterior surface) показал значимо меньшие значения только в 6-мм зоне по  $K_1$  и  $K_{cp}$  по сравнению с зонами 3 мм и зоной зрачка и по всем  $K$  — с зоной 4 мм (для  $K_1$ :  $p_{Ant6/pd} = 0,013$ ,  $p_{Ant3/6} = 0,028$ ,  $p_{Ant4/6} = 0,004$ ; для  $K_2$   $p_{Ant4/6} = 0,012$ ; для  $K_{cp}$   $p_{Ant6/pd} = 0,002$ ,  $p_{Ant3/6} = 0,001$ ,  $p_{Ant4/6} = 0,000$ ). Поэтому в дальнейшем в описываемой карте мы будем прибегать к показателям роговицы в зоне 6 мм и в зоне диаметра зрачка, как уникальной зоне для конкретного пациента. При множественном сравнении зоны 4,0–4,5 мм разных карт и приборов значения кератометрии различались только по значениям крутого меридиана ( $p_{K2} = 0,004$ ). Карты, отображающие величины SimK в Pentacam и Galilei, не имели достоверных отличий по всем рассматриваемым величинам ( $p > 0,05$ ) и могут быть взаимозаменяемы. Значения силы роговицы в зоне 4 мм карты Ant были достоверно ниже показателей P.SimK ( $p_{K2} = 0,024$ ) и G.SimK ( $p_{K2} = 0,009$ ).

В III группу сравнения вошли карты кератотопографов, в которых для получения значений учитываются характеристики как передней, так и задней поверхности роговицы. Это карты Pentacam “Equivalent K-readings Power Map” (EKR) в 3-, 4,5-, 6-мм зонах и в зоне диаметра зрачка, Total Corneal Refractive Power Map (Tot) в 3-, 4-, 6-мм зонах и в зоне диаметра зрачка, а также карта Galilei G6 “Total Cornea Power IOL” (G. Tot). Значения кератометрии между перечисленными зонами в пределах карты EKR, а также в Tot статистически значимо отличались (ANOVA,  $p_{EKR} = 0,000$ ,  $p_{Tot} = 0,000$ ). При парном сравнении (T-критерий для связанных выборок с равным объемом) обнаружено равенство  $K_1$ ,  $K_2$  и  $K_{cp}$  значений EKR 3 мм и EKR pd ( $p_{K1} = 0,575$ ,



**Рис. 1.** Средние значения кератометрических величин  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_{cp}$ . На графике представлены средние величины с 95%-ным доверительным интервалом

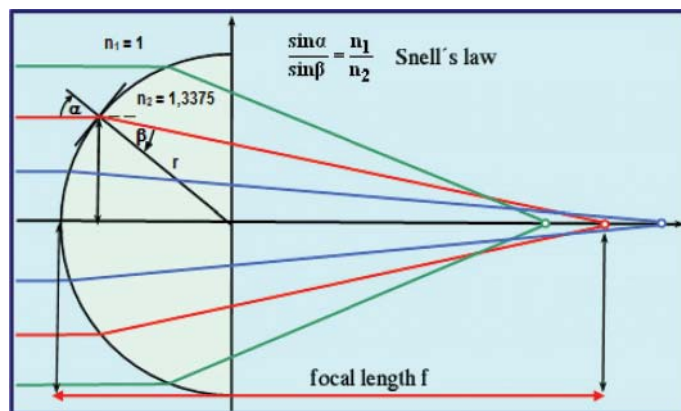
**Fig. 1.** Average values of cornea power:  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_{ave}$ . The graph shows the mean values with 95% confidence interval

**Таблица 1.** Данные кератометрии и их вариабельность у разных приборов  
**Table 1.** Keratometry data and their variability according to different measurement devices

Метод измерения Measurement method		Данные кератометрии Keratometry data, D M ± s; min-max			Вариабельность 3 измерений Variability of 3 measurements, D M ± s; min-max		
		K <sub>1</sub> , дптр	K <sub>2</sub> , дптр	K <sub>ср</sub> , дптр	K <sub>1</sub> , дптр	K <sub>2</sub> , дптр	K <sub>ср</sub> , дптр
IOLM500		42,43 ± 1,64; 38,93–45,98	45,85 ± 1,87; 40,93– 50,88	44,14 ± 1,57; 39,93– 47,59	0,13 ± 0,10; 0,00–0,50	0,19 ± 0,25; 0,03–1,51	0,12 ± 0,13; 0,02–0,74
LS		42,54 ± 1,60; 38,96–46,07	45,99 ± 1,92; 41,01–51,26	44,26 ± 1,58; 39,98–47,77	0,16 ± 0,24; 0,01–1,36	0,16 ± 0,11; 0,03–0,45	0,14 ± 0,13; 0,01–0,75
IOLM700		42,36 ± 1,75; 38,94–45,75	45,80 ± 1,83; 40,94–50,09	44,08 ± 1,60; 39,94–47,11	0,18 ± 0,24; 0,01–1,02	0,20 ± 0,23; 0,01–0,79	0,09 ± 0,07; 0,01–0,26
Pentacam	Ant pd	42,71 ± 1,44; 39,06–45,77	45,61 ± 1,62; 41,23–48,73	44,16 ± 1,40; 40,15–46,92	0,28 ± 0,19; 0,03–0,94	0,25 ± 0,17; 0,07–0,79	0,21 ± 0,17; 0,05–0,84
	Ant3	42,67 ± 1,43; 39,07–45,87	45,62 ± 1,60; 41,20–48,80	44,14 ± 1,40; 40,13–47,00	0,27 ± 0,24; 0,06–1,19	0,23 ± 0,17; 0,00–0,079	0,20 ± 0,20; 0,05–0,98
	Ant4	42,63 ± 1,46; 39,00–46,10	45,63 ± 1,63; 41,07–48,80	44,13 ± 1,45; 40,03–47,18	0,18 ± 0,12; 0,05–0,53	0,14 ± 0,09; 0,00–0,40	0,12 ± 0,09; 0,03–0,43
	Ant6	42,46 ± 1,54; 38,93–46,30	45,41 ± 1,58; 40,90–48,27	43,93 ± 1,45; 39,92–47,18	0,11 ± 0,12; 0,00–0,62	0,11 ± 0,10; 0,00–0,49	0,08 ± 0,07; 0,00–0,26
	P. SimK	42,51 ± 1,50; 39,00–46,03	45,78 ± 1,65; 41,10–49,53	44,13 ± 1,43; 40,05–47,13	0,16 ± 0,11; 0,00–0,49	0,15 ± 0,12; 0,00–0,46	0,12 ± 0,09; 0,02–0,36
Galilei	G. SimK	42,60 ± 1,70; 38,84–46,03	45,80 ± 1,68; 41,10–49,87	44,20 ± 1,53; 39,92–47,22	0,23 ± 0,30; 0,01–1,39	0,17 ± 0,11; 0,00–0,48	0,17 ± 0,14; 0,00–0,61
Pentacam	EKR pd	42,24 ± 1,71; 37,52–45,45	45,03 ± 1,70; 40,98–48,43	43,64 ± 1,55; 39,98–46,53	0,48 ± 0,32; 0,06–1,83	0,48 ± 0,30; 0,11–1,53	0,43 ± 0,31; 0,09–1,64
	EKR3	42,25 ± 1,73; 37,64–45,62	45,10 ± 1,66; 40,92–48,35	43,68 ± 1,58; 39,78–46,67	0,47 ± 0,31; 0,11–1,75	0,47 ± 0,28; 0,11–1,44	0,43 ± 0,30; 0,08–1,57
	EKR 4,5	42,49 ± 1,71; 38,32–46,73	45,42 ± 1,85; 40,74–48,66	43,95 ± 1,69; 39,66–47,70	0,33 ± 0,24; 0,03–0,93	0,32 ± 0,32; 0,01–1,57	0,30 ± 0,24; 0,01–1,03
	EKR6	42,70 ± 1,65; 39,00–47,19	45,60 ± 1,86; 40,78–48,85	44,15 ± 1,65; 39,89–48,02	0,24 ± 0,16; 0,03–0,63	0,25 ± 0,28; 0,01–1,62	0,21 ± 0,19; 0,01–0,90
	Tot pd	41,94 ± 1,49; 38,52–45,12	44,75 ± 1,58; 40,53–48,36	43,34 ± 1,38; 39,53–46,38	0,28 ± 0,16; 0,04–0,68	0,29 ± 0,22; 0,07–1,30	0,22 ± 0,17; 0,06–0,85
	Tot3	41,95 ± 1,49; 38,53–45,37	44,81 ± 1,53; 40,53–48,13	43,38 ± 1,38; 39,53–46,43	0,26 ± 0,13; 0,06–0,61	0,29 ± 0,23; 0,06–1,22	0,22 ± 0,18; 0,05–0,79
	Tot4	42,04 ± 1,56; 38,57–45,80	44,96 ± 1,65; 40,50–48,60	43,50 ± 1,51; 39,53–46,85	0,19 ± 0,11; 0,06–0,50	0,21 ± 0,24; 0,00–1,39	0,14 ± 0,12; 0,00–0,53
	Tot6	42,39 ± 1,66; 38,83–46,73	45,41 ± 1,64; 40,73–48,53	43,90 ± 1,53; 39,78–47,63	0,13 ± 0,16; 0,00–0,83	0,14 ± 0,14; 0,00–0,82	0,10 ± 0,14; 0,00–0,82
Galilei	G. Tot	41,43 ± 1,78; 38,25–45,66	44,67 ± 1,42; 39,97–47,08	43,05 ± 1,41; 39,11–46,37	0,26 ± 0,36; 0,02–1,71	0,21 ± 0,15; 0,02–0,50	0,21 ± 0,22; 0,03–0,99

$p_{K2} = 0,213$ ,  $p_{K_{ср}} = 0,259$ ), а также Tot3 и Tot в зоне диаметра зрачка ( $p_{K1} = 0,726$ ,  $p_{K2} = 0,134$ ,  $p_{K_{ср}} = 0,124$ ), поэтому в данных картах наиболее рационально в дальнейшем рассматривать только зону диаметра зрачка. При множественном сравнении EKR4,5, Tot4, G. Tot (зона 4,0–4,5 мм; ANOVA,  $p_{4-4,5 \text{ мм}} = 0,000$ ) выявлены отличия по всем показателям кератометрии ( $p_{K2G.Tot/Tot4} = 0,030$ , для всех прочих сравнений  $p = 0,000$ ). При парном сравнении EKR и P. Tot по зоне диаметра зрачка значения кератометрии также отличались ( $p_{K1pd} = 0,0147$ ;  $p_{K2pd} = 0,017$ ;  $p_{K_{ср},pd} = 0,014$ ; для всех прочих сравнений  $p = 0,000$ ), а в 6-мм зоне отличия выявлены только в слабом меридиане ( $p = 0,028$ ). Стоит отметить, что в карте EKR всегда наблюдались большие значения, а в G. Tot — меньшие. Наблюдается также тенденция к увеличению значений K от центра к периферии в картах EKR и Tot, что объясняется применением закона преломления Снеллиуса: лучи света, которые ориентированы перпендикулярно фронтальной плоскости и проходят не через центр роговицы, падают на нее под углом, что усиливает преломление (рис. 2).

В связи с достаточно высокой вариабельностью данных измерения основных параметров роговицы мы провели анализ их повторяемости при трехкратном измерении.



**Рис. 2.** Закон Снеллиуса

**Fig. 2.** Snell's law

За величину, характеризующую повторяемость, мы приняли стандартное отклонение. Данный параметр не имел нормального распределения (тест Колмогорова — Смирнова,  $p < 0,02$ , критерий Шапиро — Уилка,  $p < 0,05$ ), в связи с чем



к нему применен непараметрический метод статистического анализа — U критерий Манна — Уитни (рис. 3).

Наиболее целесообразно было сравнивать категории равных значений, чтобы понять, какие группы данных использовать при различных анализах в дальнейшем. В конечном итоге мы выделили наиболее стабильные карты и приборы с уникальными значениями K. Наибольшей стабильностью в группе биометров (I) характеризовались IOLM500 и LS. В группе карт кератотопографов, построенных только на основании результатов измерения передней поверхности роговицы (II), это Refractive power map (anterior surface) Pentacam в зонах диаметром 4 и 6 мм, а также карта симуляционной кератометрии (P. SimK). В III группе, где сила роговицы рассчитана на основании данных как передней, так и задней поверхности, это карты Total corneal refractive power map Pentacam в зоне диаметра зрачка, 4- и 6-мм зонах, а также карта Total Keratometry Galilei.

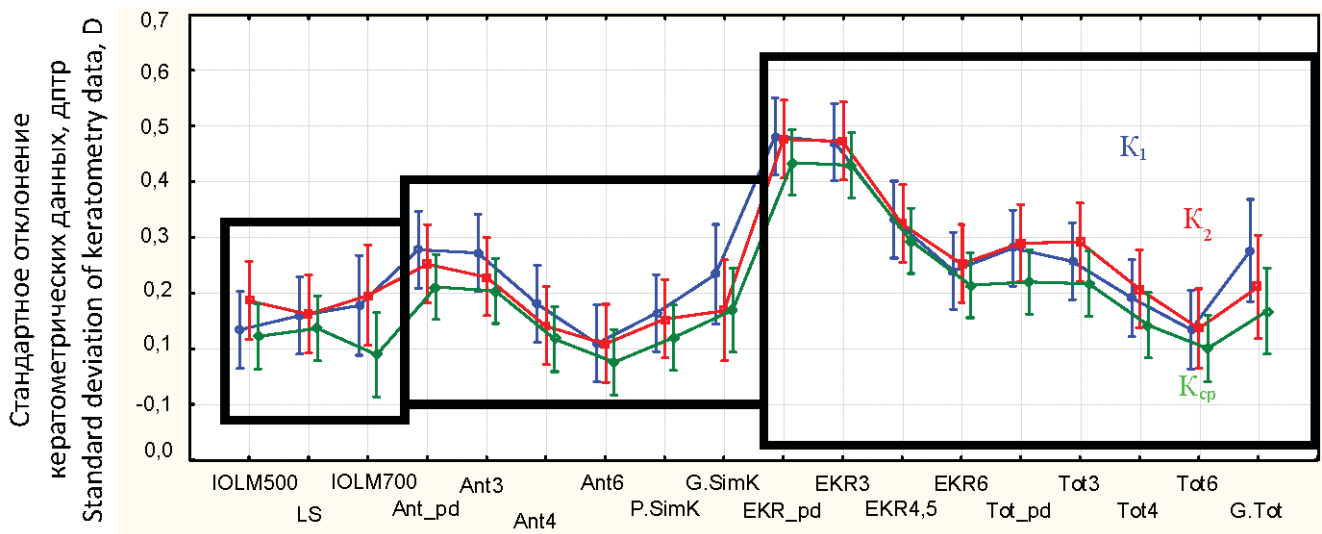
Мы отметили следующую закономерность: чем больше была зона измерения, тем более низкая величина стандартного отклонения в ней наблюдалась, а значит, возростала стабильность измеряемого показателя. Это может быть связано с недостаточно четкой фиксацией взгляда пациента (микродвижения глаз) во время измерения. EKR65 оказалась наименее стабильной картой, что, вероятно, связано с алгоритмом ее расчета. В 65% наименьших значений, которые выделяются для получения средних значений K, каждый раз могут попадать разные данные. Для наглядности результаты анализа  $K_1$ ,  $K_2$  и  $K_{cp}$  сведены в таблицу 2.

Значения роговичного астигматизма используются для расчета торического компонента ИОЛ. При анализе эти параметры имели нормальное распределение (тест Колмогорова — Смирнова,  $p > 0,02$  критерий Шапиро — Уилка,  $p > 0,05$ ), в связи с чем к ним применены параметрические методы статистического анализа. На рисунке 4 приведены средние значения астигматизма.

Значения астигматизма для разных приборов или топографических карт показаны в таблице 3.

Дисперсионный анализ повторных измерений выявил достоверную разницу между разными методами получения данных о роговичной поверхности (ANOVA,  $p = 0,000$ ). В группе биометров не выявлено достоверных отличий описываемого параметра (ANOVA,  $p = 0,948$ ), а также наблюдалась одинаковая стабильность при трехкратном измерении ( $p_{IOLM500/LS} = 0,269$ ,  $p_{IOLM700/LS} = 0,932$ ,  $p_{IOLM500/IOLM700} = 0,420$ ). В группе II карт кератотопографов выявлены достоверные отличия величины астигматизма (ANOVA,  $p = 0,018$ ). При парном сравнении астигматизм в разных зонах карты Pentacam “Sagittal curvature map” был одинаковым ( $p > 0,05$ ), а значения карты G. SimK статистически значимо отличались только от Ant6 ( $p = 0,016$ ). P. SimK по значениям астигматизма отличалась от Ant3 ( $p = 0,043$ ), Ant4 ( $p = 0,003$ ) и Ant6 ( $p = 0,001$ ) и была равна G. SimK и Ant\_pd ( $p > 0,05$ ). Наиболее стабильной в карте P. Ant была 6-мм зона ( $p_{pd/6} = 0,002$ ,  $p_{3/6} = 0,016$ ), однако зафиксированные в ней параметры статистически значимо не отличались по показателю стандартного отклонения от Ant4 ( $p > 0,05$ ). Карты симуляционной кератометрии P. SimK и G. SimK имели одинаковую вариабельность измерений ( $p = 0,842$ ), а карта Ant\_pd оказалась менее стабильной, чем P. SimK ( $p = 0,038$ ). Среди карт III группы величина астигматизма не различалась (ANOVA,  $p = 0,699$ ), а наиболее стабильной была карта Tot в 6-мм зоне ( $p_{EKR4.5/Tot6} = 0,030$ ,  $p_{EKR3/Tot6} = 0,000$ ,  $p_{EKR_{pd}/Tot6} = 0,000$ ,  $p_{Tot4/Tot6} = 0,038$ ,  $p_{Tot3/Tot6} = 0,004$ ,  $p_{Tot_{pd}/Tot6} = 0,001$ ). Кроме того, значения астигматизма карт, учитывающих только переднюю поверхность, и карт, учитывающих переднюю и заднюю поверхность роговицы, статистически значимо не различались (ANOVA,  $p = 0,997$ ). Распределение стандартных отклонений представлено на рисунке 5.

Значения оси роговичного астигматизма используются для позиционирования торического компонента ИОЛ. Анализ этого параметра не выявил нормального распределения (тест Колмогорова — Смирнова,  $p < 0,2$ , критерий Шапиро — Уилка,  $p < 0,05$ ), в связи с чем были применены непараметрические методы статистической обработки.



**Рис. 3.** Стандартное отклонение трехкратно измеренных величин  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_{cp}$ . На графике представлены средние величины с 95%-ным доверительным интервалом

**Fig. 3.** Standard deviation of triple measured values  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_{ave}$ . The graph shows the mean values with 95% confidence interval

**Таблица 2.** Сравнение карт и приборов по величинам  $K_1$ ,  $K_2$  и  $K_{ср}$ , а также стабильности измерений  
**Table 2.** Comparison of  $K_1$ ,  $K_2$  and  $K_{ave}$  values and their stability in different maps and measurement devices

	IOLM 500	LS	IOLM 700	Ant pd	Ant 3	Ant4	Ant 6	P. SimK	G. SimK	EKR pd	EKR 3	EKR 4,5	EKR 6	Tot pd	Tot 3	Tot 4	Tot 6	G. Tot
IOLM 500			=	$K_1$	$K_1$	$K_1$	$K_2$ $K_{ср}$	=	← $K_{ср}$	$K_2$ $K_{ср}$	$K_2$ $K_{ср}$	$K_2$	← $K_1$ $K_{ср}$				$K_2$	
LS			$K_2$ $K_{ср}$	$K_2$	$K_2$	$K_2$	$K_2$ $K_{ср}$	=	=	$K_2$ $K_{ср}$	$K_2$ $K_{ср}$	$K_2$	← $K_1$				$K_2$ $K_{ср}$	
IOLM 700	=	$K_2$ $K_{ср}$		$K_1$	$K_1$	$K_1$	$K_2$	=	$K_1$	$K_2$ $K_{ср}$	$K_2$ $K_{ср}$	$K_2$	← $K_1$ $K_{ср}$				$K_2$	
Ant_pd	$K_1$	$K_2$	$K_1$		=	↑ все	$K_1$ $K_{ср}$	$K_1$	↑ $K_2$			=	=				$K_1$ $K_{ср}$	
Ant3	$K_1$	$K_2$	$K_1$	=		↑ все	$K_1$ $K_{ср}$	$K_1$	=			=	=				$K_1$ $K_{ср}$	
Ant4	$K_1$	$K_2$	$K_1$	← все	← все			$K_1$ $K_2$	$K_2$			← все	← $K_2$ $K_{ср}$					
Ant6	$K_2$ $K_{ср}$	$K_2$ $K_{ср}$	$K_2$	$K_1$ $K_{ср}$	$K_1$ $K_{ср}$			$K_2$ $K_{ср}$		$K_2$ $K_{ср}$	$K_2$ $K_{ср}$	← все	← все				=	
P.SimK	=	=	=	$K_1$	$K_1$	$K_1$ $K_2$	$K_2$ $K_{ср}$		=	$K_2$ $K_{ср}$	$K_2$ $K_{ср}$	$K_2$	← все				$K_2$ $K_{ср}$	
G.SimK	↑ $K_{ср}$	=	$K_1$	← $K_2$	=	$K_2$		=		$K_2$ $K_{ср}$	$K_2$ $K_{ср}$	$K_2$	=					
EKR_pd	$K_2$ $K_{ср}$	$K_2$ $K_{ср}$	$K_2$ $K_{ср}$				$K_2$ $K_{ср}$	$K_2$ $K_{ср}$	$K_2$ $K_{ср}$		=					↑ все	$K_2$ $K_{ср}$	
EKR3	$K_2$ $K_{ср}$	$K_2$ $K_{ср}$	$K_2$ $K_{ср}$				$K_2$ $K_{ср}$	$K_2$ $K_{ср}$	$K_2$ $K_{ср}$	=						↑ все	$K_2$ $K_{ср}$	
EKR4,5	$K_2$	$K_2$	$K_2$	=	=	↑ все	↑ все	$K_2$	$K_2$								↑ все	
EKR6	↑ $K_1$ $K_{ср}$	↑ $K_1$	↑ $K_1$ $K_{ср}$	=	=	↑ $K_2$ $K_{ср}$	↑ все	↑ все	=								$K_1$	
Tot_pd															=	$K_{ср}$		$K_2$
Tot3														=		$K_{ср}$		$K_2$
Tot4										← все	← все			$K_{ср}$	$K_1$ $K_{ср}$			
Tot6	$K_2$	$K_2$ $K_{ср}$	$K_2$	$K_1$ $K_{ср}$	$K_1$ $K_{ср}$		=	$K_2$ $K_{ср}$		$K_2$ $K_{ср}$	$K_2$ $K_{ср}$	← все	$K_1$					
G. Tot														$K_2$	$K_2$			

**Примечание.** Желтые ячейки — имеется отличие по одному или 2 параметрам, в ячейке указаны величины с достоверным отличием. Ячейки зеленого цвета показывают равенство всех рассматриваемых параметров. Указаны величины с разной вариабельностью. Знак «=» указывает на отсутствие статистически значимых отличий в значениях стандартного отклонения по всем трем категориям кератометрии. Слово «все» означает статистически значимое неравенство в значениях среднеквадратичного отклонения по всем категориям кератометрии. Ячейки красного цвета обозначают неравенство всех трех значений кератометрии. Стрелками указан наиболее стабильный прибор (карта прибора).

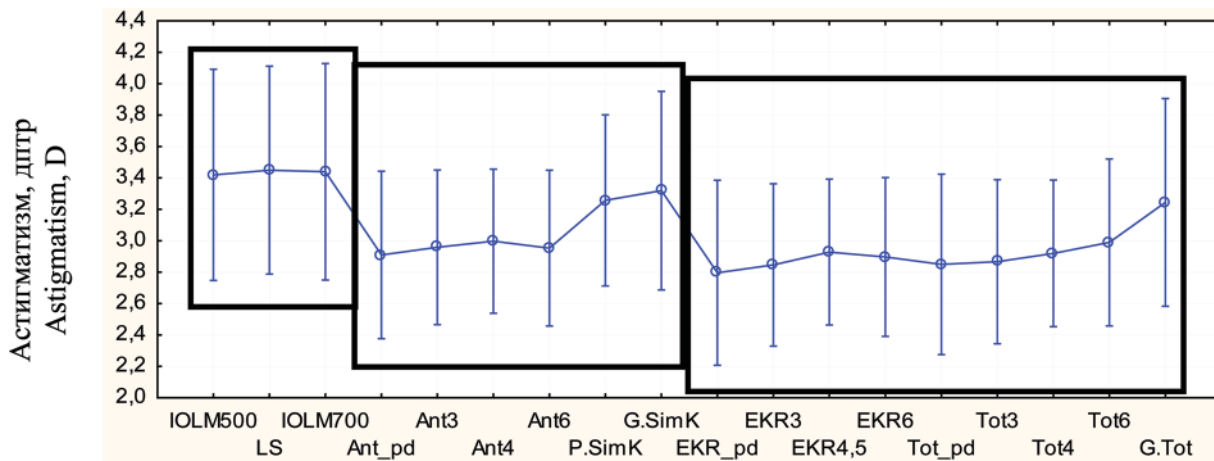
**Note.** Yellow cells — there is a difference in 1 or 2 parameters, the cell contains values with a significant difference. Green cells show the equality of all considered parameters. Values with different variability are indicated. The “=” sign indicates the absence of statistically significant differences in the standard deviation values for all three categories of keratometry. The word “all” means a statistically significant disparity in standard deviation values across all keratometry categories. Red cells indicate the inequality of all three keratometry values. The arrows indicate the most stable device (device map).

Были проведены все возможные парные сравнения по критерию Вилкоксона и критерию знаков. Обнаружены статистически значимые отличия между IOLM500 и показателями некоторых карт и приборов (табл. 4). Такие результаты могут быть теоретически обоснованы: данный биометр анализирует измерения только в 6 точках, что значительно меньше зоны анализа всех прочих приборов, следовательно, точность определения оси астигматизма IOLM500 может быть ниже. Обнаружены также и другие статистически значимые отличия, вероятно, не имеющие особой закономерности. Однако стоит отметить, что тенденция к увеличению стабильности измерений по мере увеличения диаметра зоны анализа сохранялась так же, как и при кератометрии. Значе-

ния достоверности различий и абсолютные величины приведены в таблице 4. Вариабельность измерений представлена на рисунке 6. Есть основания в дальнейшем для проверки точности расчета оси позиционирования торической ИОЛ рассматривать карты и приборы с достоверно отличающимися значениями осей роговичного астигматизма при максимальной стабильности измерений — IOLM500, LS, Ant4, Ant6, Tot4, EKR4,5 и EKR6.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

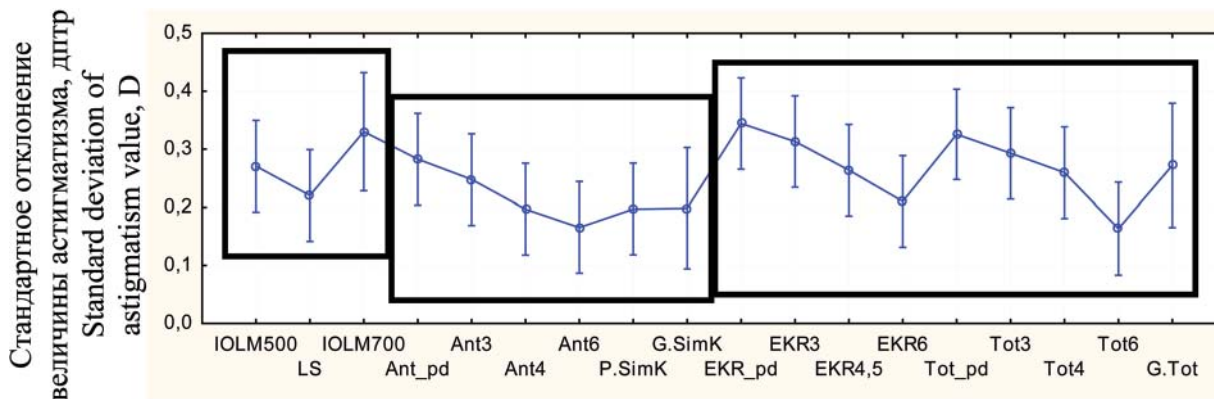
Для определения силы роговицы, роговичного астигматизма и его осей можно использовать множество разных приборов и топографических карт. Однако сравнение аб-



**Рис. 4.** Средние значения астигматизма. На графике представлены средние величины с 95%-ным доверительным интервалом  
**Fig. 4.** Average values of astigmatism. The graph shows the mean values with 95% confidence interval.

**Таблица 3.** Данные астигматизма и их вариабельность у разных приборов  
**Table 3.** Astigmatism data and variability in different devices

Метод измерения Measurement device		Величина астигматизма, дптр Astigmatism, D M ± s; min-max	Вариабельность 3 измерений Variability of 3 measurements M ± s; min-max
IOLM500		3,42 ± 1,59; 1,89–8,02	0,27 ± 0,27; 0,04–1,55
LS		3,45 ± 1,57; 1,98–7,81	0,22 ± 0,22; 0,02–1,23
IOLM700		3,44 ± 1,63; 1,88–8,15	0,33 ± 0,45; 0,01–1,80
Pentacam	Ant_pd	2,91 ± 1,26; 0,63–5,74	0,28 ± 0,20; 0,04–0,87
	Ant3	2,96 ± 1,16; 0,90–5,13	0,25 ± 0,19; 0,06–0,85
	Ant4	3,00 ± 1,09; 1,53–5,37	0,21 ± 0,14; 0,00–0,55
	Ant6	2,95 ± 1,17; 1,70–6,45	0,16 ± 0,16; 0,00–0,74
	P. SimK	3,26 ± 1,29; 1,80–6,55	0,20 ± 0,15; 0,05–0,76
Galilei	G. SimK	3,32 ± 1,45; 1,63–6,71	0,20 ± 0,16; 0,01–0,63
Pentacam	EKR_pd	2,79 ± 1,39; 0,45–6,68	0,34 ± 0,24; 0,05–1,10
	EKR3	2,84 ± 1,22; 0,84–5,85	0,31 ± 0,23; 0,05–0,95
	EKR4,5	2,93 ± 1,10; 1,28–5,68	0,26 ± 0,31; 0,03–1,83
	EKR6	2,90 ± 1,20; 1,45–6,53	0,21 ± 0,28; 0,03–1,54
	Tot_pd	2,85 ± 1,37; 0,56–6,61	0,32 ± 0,25; 0,02–1,05
	Tot3	2,87 ± 1,24; 0,85–5,77	0,29 ± 0,22; 0,05–0,96
	Tot4	2,92 ± 1,10; 1,22–5,37	0,26 ± 0,31; 0,00–1,80
	Tot6	2,99 ± 1,23; 1,55–6,80	0,16 ± 0,14; 0,00–0,64
Galilei	G. Tot	3,24 ± 1,56; 1,42–7,01	0,27 ± 0,24; 0,01–1,07

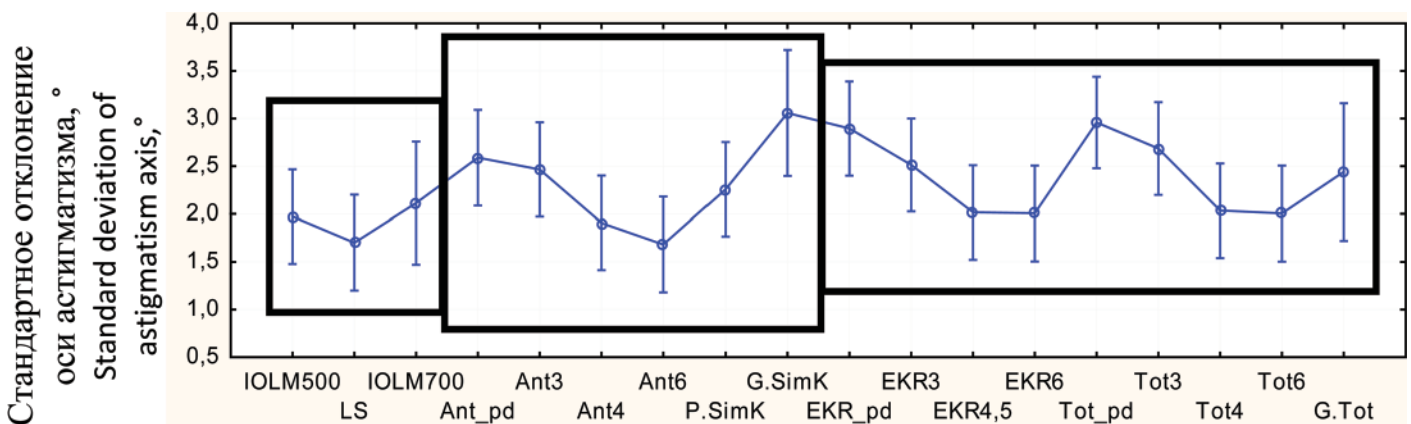


**Рис. 5.** Стабильность определения роговичного астигматизма по данным разных приборов и карт. На графике представлены средние величины с 95%-ным доверительным интервалом

**Fig. 5.** Corneal astigmatism stability according to different measurement devices and maps. The graph shows the mean values with a 95% confidence interval

**Таблица 4.** Некоторые попарные сравнения значений оси астигматизма  
**Table 4.** Some pairwise comparisons of astigmatism axis values

Сравниваемые приборы Compared devices	Критерий Вилкоксона, значение p Wilcoxon test, p value	Критерий знаков, значение p Sign test, p value	Среднее значение оси астигматизма в градусах Average value of the astigmatism axis, degree	
			1 прибора 1 device	2 прибора 2 device
IOLM500 & LS	0,000	0,001	106,57 ± 76,11	108,62 ± 76,16
IOLM500 & EKR3	0,015	0,025	106,57 ± 76,11	108,61 ± 74,62
IOLM500 & EKR_pd	0,030	0,066	106,57 ± 76,11	108,98 ± 74,90
IOLM500 & Ant3	0,034	0,153	106,57 ± 76,11	108,48 ± 74,72
IOLM500 & Ant_pd	0,026	0,025	106,57 ± 76,11	108,72 ± 74,95
IOLM500 & Tot3	0,010	0,025	106,57 ± 76,11	108,67 ± 74,74
IOLM500 & IOLM700	0,144	0,037	106,57 ± 76,11	107,32 ± 75,46
LS & EKR6	0,056	0,025	108,61 ± 76,16	107,05 ± 73,96
LS & G.Tot	0,047	0,307	108,61 ± 76,16	107,45 ± 73,295
EKR4,5 & EKR6	0,037	0,540	107,89 ± 74,13	107,05 ± 73,96
Ant4 & EKR6	0,046	0,540	108,17 ± 74,49	107,05 ± 73,96
Ant4 & Ant6	0,018	0,307	108,17 ± 74,49	107,06 ± 74,23



**Рис. 6.** Стабильность определения оси роговичного астигматизма по данным разных приборов и карт астигматизма. На графике представлены средние величины с 95%-ным доверительным интервалом

**Fig. 6.** Axis of corneal astigmatism stability according to different measurement devices and maps. The graph shows the mean values with 95 % confidence interval

солютных величин этих параметров указывает на то, что методики их измерения не являются взаимозаменяемыми. Показаны достоверные отличия зон разного диаметра в пределах одной карты и при сравнении зон одинакового размера на разных приборах и картах. Наибольшие значения кератометрии характерны для методов и карт, рассчитывающих их только по передней поверхности роговицы, меньшие значения получены при использовании в анализе и задней поверхности роговицы. Закономерным также был рост силы роговицы при увеличении диаметра измеряемой зоны в картах, использующих закон Снеллиуса. То же самое происходит и со стабильностью показателей при многократных замерах, однако эта особенность встречалась во всех картах. Большую стабильность измеряемой силы роговицы в основных меридианах показали биометры, предназначенные для расчета силы ИОЛ. Наибольшие значения величины роговичного астигматизма показали биометры, а наименьшие — карты EKR, Tot и Ant, значения которых статистически значимо не различались. При этом стабильность показателей также заметно снижалась при уменьшении диаметра анализируемой зоны. При определении оси астигматизма наиболее отличным от остальных оказался IOLM500, продемонстрировавший при этом большую стабильность замеров. При

анализе этого показателя есть основания обращать внимание также на данные зон со средним и большим диаметром. Рассмотренные параметры могут значительно изменить расчет сферического и торического компонентов ИОЛ, а также влиять на ось ее позиционирования. С этой точки зрения при подобных расчетах важно оценить точность возможных значений карт и приборов, которые достоверно различались в представленном анализе.

**Литература/References**

- World Health Organization. Blindness and vision impairment prevention. Available at: <https://www.who.int/blindness/causes/priority/en/index1.html>
- Kim T.I., Alió Del Barrio J.L., Wilkins M., Cochener B., Ang M. Refractive surgery. Lancet. 2019; 393 (10185): 2085–98. doi: 10.1016/S0140-6736(18)33209-4
- Xiao X.W., Hao J., Zhang H., Tian F. Optical quality of toric intraocular lens implantation in cataract surgery. Int. J. Ophthalmol. 2015; 8 (1): 66–71. doi:10.3980/j.issn.2222-3959.2015.01.12
- Балашевич Л.И. Хирургическая коррекция аномалий рефракции и аккомодации. Санкт-Петербург: Человек; 2009. [Balashevich L.I. Surgical correction of refractive errors and accommodation. St. Petersburg: Chelovek; 2009 (in Russian)].
- Chen X., Zhao M., Shi Y., et al. Visual outcomes and optical quality after implantation of a diffractive multifocal toric intraocular lens. Indian J. Ophthalmol. 2016; 64 (4): 285–91. doi: 10.4103/0301-4738.182939

6. Даниличев В.Ф., Куликов А.Н. Современная офтальмология. Санкт-Петербург: Питер; 2021. *Danilichev V.F., Kulikov A.N. Modern ophthalmology. St. Petersburg: Peter; 2021 (in Russian)*].
7. Xue K., Jolly J.K., Mall S.P., et al. Real-world refractive outcomes of toric intraocular lens implantation in a United Kingdom National Health Service setting. *BMC Ophthalmol.* 2018; 18 (1): 30. doi: 10.1186/s12886-018-0692-7
8. Abulafia A., Barrett G.D., Kleinmann G., et al. Prediction of refractive outcomes with toric intraocular lens implantation. *J. Cataract. Refract. Surg.* 2015; 41 (5): 936–44. doi: 10.1016/j.jcrs.2014.08.036
9. Куликов А.Н., Кокарева Е.В., Котова Н.А. Сравнение результатов биометрии глаза при использовании различных приборов. Тихоокеанский медицинский журнал. 2017; 2: 53–4. [*Kulikov A.N., Kokareva E.V., Kotova N.A. Comparison of the results of the eye biometrics using different instruments. Pacific Medical Journal.* 2017; (2): 53–4 (in Russian)]. <https://doi.org/10.17238/PmJ1609-1175.2017.2.53-55>
10. Ortiz A., Galvis V., Tello A., et al. Comparison of three optical biometers: IOLMaster 500, Lenstar LS 900 and Aladdin. *Int. Ophthalmol.* 2019; 39 (8): 1809–18. doi: 10.1007/s10792-018-1006-z
11. Cho Y.J., Lim T.H., Choi K.Y., Cho B.J. Comparison of ocular biometry using new Swept-source Optical Coherence Tomography-based optical biometer with other devices. *Korean J. Ophthalmol.* 2018; 32 (4): 257–64. doi: 10.3341/kjo.2017.0091
12. Oculus. The measurement principle. Available at: <https://www.pentacam.com/int/opticianoptometrist-without-pentacamr/technology/measurement-principle-licences-network.html>
13. Ziernergroup. Key Features. Available at: <https://www.ziernergroup.com/en/products/galilei/>

**Вклад авторов в работу:** А.Н. Куликов — концепция исследования, анализ полученных данных; Е.В. Даниленко — концепция и дизайн исследования, анализ полученных данных, диагностические исследования, написание текста; Е.Ю. Кожевников — сбор и обработка материалов, диагностические исследования, написание текста, обзор литературы.

**Authors' contribution:** A.N. Kulikov — concept of the study, data analysis, E.V. Danilenko — concept and design of the study, data analysis, diagnostic examinations, writing of the article, E.Yu. Kozhevnikov — data collection and processing, diagnostic examinations, writing of the article, literature review.

*Поступила: 22.02.2022. Переработана: 12.03.2022. Принята к печати: 14.03.2022*  
*Originally received: 22.02.2022. Final revision: 12.03.2022. Accepted: 14.03.2022*

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ, ул. Академика Лебедева, д. 6, Санкт-Петербург, 194044, Россия  
**Алексей Николаевич Куликов** — д-р мед. наук, доцент, начальник кафедры офтальмологии им. В.В. Волкова

**Екатерина Владимировна Даниленко** — канд. мед. наук, начальник отделения хирургии катаракты клиники офтальмологии

**Евгений Юрьевич Кожевников** — слушатель ординаторы кафедры офтальмологии им. В.В. Волкова

**Для контактов:** Евгений Юрьевич Кожевников, [kozhevnikov@yandex.ru](mailto:kozhevnikov@yandex.ru)

*S.M. Kirov Military Medical Academy, 6, Academician Lebedev St., St. Petersburg, 194044, Russia*

**Aleksey N. Kulikov** — Dr. of Med. Sci., head of ophthalmology chair named after professor V.V. Volkov

**Ekaterina V. Danilenko** — Cand. of Med. Sci., head of cataract surgery department at ophthalmology chair

**Evgeniy Yu. Kozhevnikov** — resident, ophthalmology chair named after professor V.V. Volkov

**Contact information:** Evgeniy Yu. Kozhevnikov, [kozhevnikov@yandex.ru](mailto:kozhevnikov@yandex.ru)



<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-93-97>

# Перфузия радужной оболочки после селективной лазерной трабекулопластики: данные оптической когерентной томографии — ангиографии

Д.С. Мальцев, А.А. Казак , А.Н. Куликов, А.С. Васильев, М.А. Бурнашева

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ, ул. Академика Лебедева, д. 6, Санкт-Петербург, 194044, Россия

**Цель работы** — изучить перфузию радужной оболочки у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ) после проведения селективной лазерной трабекулопластики (СЛТ) с помощью оптической когерентной томографии с функцией ангиографии (ОКТА). **Материал и методы.** Обследование 12 пациентов в возрасте  $68,3 \pm 8,4$  года с ПОУГ I–III стадий включало стандартные офтальмологические методы, а также ОКТА радужки, которое выполняли в фотопических условиях на томографе RTVue-XR по протоколу Angio Retina 3-мм через центр зрачка. Васкуляриность оценивали в ImageJ как показатель общей протяженности бинаризованных и скелетонизированных сосудов в пласте на всю толщину радужки. Обследование проводили до СЛТ, а также через сутки, 7 и 30 сут после СЛТ. **Результаты.** Обнаружена статистически значимая корреляция между значениями внутриглазного давления (ВГД) через месяц после СЛТ и показателями васкуляриности радужки до СЛТ, через день после СЛТ и их разницей. Наиболее сильная корреляция ( $r = 0,60$ ,  $p = 0,001$ ) выявлена между васкуляриностью радужки на 1-е сутки после СЛТ и ВГД через месяц после нее. **Заключение.** СЛТ сопровождается повышением васкуляриности радужной оболочки на следующий день после процедуры, что, вероятно, может быть использовано для прогнозирования финальных показателей ВГД у этих пациентов.

**Ключевые слова:** открытоугольная глаукома; внутриглазное давление; оптическая когерентная томография — ангиография; селективная лазерная трабекулопластика

**Конфликт интересов:** отсутствует.

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

**Для цитирования:** Мальцев Д.С., Казак А.А., Куликов А.Н., Васильев А.С., Бурнашева М.А. Перфузия радужной оболочки после селективной лазерной трабекулопластики: данные оптической когерентной томографии — ангиографии. Российский офтальмологический журнал. 2022; 15 (2) (Приложение): 93–7. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-93-97>

## Perfusion of the iris after selective laser trabeculoplasty: optical coherence tomography angiography data

Dmitry S. Maltsev, Alina A. Kazak , Alexey N. Kulikov, Andrey S. Vasilyev, Maria A. Burnasheva

S.M. Kirov Military Medical Academy, 6, Academician Lebedev St., St. Petersburg, 194044, Russia  
alinakazak96@gmail.com

**Purpose:** to study iris perfusion in patients with primary open-angle glaucoma (POAG) after selective laser trabeculoplasty (SLT) using optical coherence tomography angiography (OCTA). **Material and methods.** 12 patients aged  $68.3 \pm 8.4$  with stage I to III POAG underwent a standard ophthalmic examination as well as OCTA examination of the iris, which was performed through the center of the pupil under photopic conditions using RTVue-XR with Angio Retina 3-mm protocol. All patients received examination before SLT, one day, seven days,

and 30 days after SLT. Vascularity was determined with ImageJ as the total length of binarized and skeletonized vessels over the full thickness of the iris slab. **Results.** A statistically significant correlation was found between the values of intraocular pressure (IOP) measured one month after SLT and iris vascularity before SLT, one day after SLT, and their difference. The strongest correlation ( $r = 0.60$ ,  $p = 0.001$ ) was found between iris vascularity one day after SLT and IOP one month after the procedure. **Conclusions.** SLT is accompanied by an increase in iris vascularity, which fact may probably be used in the prediction of the final IOP in these patients.

**Keywords:** open-angle glaucoma; intraocular pressure; optical coherence tomography angiography; selective laser trabeculoplasty

**Conflict of interests:** there is no conflict of interests.

**Financial disclosure:** No author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

**For citation:** Maltsev D.S., Kazak A.A., Kulikov A.N., Vasilyev A.S., Burnasheva M.A. Perfusion of the iris after selective laser trabeculoplasty: optical coherent tomography angiography data. Russian ophthalmological journal. 2022; 15 (2) (supplement): 93-7 (In Russian). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-93-7>

Глаукома представляет собой группу прогрессирующих оптических нейропатий, характеризующихся утратой ганглиозных клеток и нервных волокон сетчатки, что приводит к необратимому снижению светочувствительности сетчатки и потере поля зрения [1]. Несмотря на прогресс в методах лечения, глаукома остается одной из главных причин снижения зрения и необратимой слепоты во всем мире, что снижает качество жизни таких пациентов [1]. На сегодняшний день известны некоторые факторы риска развития и прогрессирования глаукомы: возраст, пол, генетика, раса, семейный анамнез, системная гипотония, миопия, повышенный уровень внутриглазного давления (ВГД), применение местных глюкокортикостероидов [2]. Частота заболеваемости глаукомой постоянно растет, поскольку доля пожилых людей в общей численности населения увеличивается, а риск развития этой болезни повышается с возрастом.

В зависимости от состояния угла передней камеры глаукому разделяют на открыто- и закрытоугольную формы. По некоторым оценкам, 57,5 млн человек во всем мире страдают от первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ) с глобальной распространенностью 2,2% [3, 4]. Число случаев ПОУГ среди взрослого населения (40–80 лет) составило 52,68 млн в 2020 г., и предполагается, что в 2040 г. число таких случаев составит 79,76 млн [5]. В России 1,3 млн человек больны глаукомой. Число впервые выявленных пациентов увеличивается на 3–4% в год. В последнее время доля глаукомы в нозологической структуре первичной инвалидности по зрению значительно увеличилась — в среднем с 14 до 28%, составляя среди инвалидов пенсионного возраста 40% и более.

В РФ глаукома занимает 1-е ранговое место в нозологической структуре причин инвалидности вследствие офтальмологической патологии [6]. Уровень ВГД является единственным модифицируемым фактором риска глаукомы. В соответствии с рандомизированными многоцентровыми клиническими исследованиями, включая EMGT (Исследование ранней манифестной глаукомы), установлено, что снижение ВГД является единственным эффективным методом лечения, предотвращающим появление новых дефектов поля зрения [7]. Базовые направления лечения ПОУГ на сегодняшний день — это медикаментозное, включающее ежедневные инстилляций гипотензивных препаратов, лазерное и хирургическое. При ПОУГ лазерные методы могут использоваться в качестве как первой, так и второй линии лечения. Современным вариантом является селективная лазерная трабекулопластика (СЛТ), описанная M. Latina, C. Park в 1995 г. [8]. СЛТ заключается в импульсном воздействии Nd:YAG лазера длиной волны 532 нм на пигментные клетки трабекулярной сети, не вызывающем при этом структурных повреждений. Точный механизм действия СЛТ на

сегодня не известен, но предполагается, что в развитии гипотензивного эффекта играет роль индукция воспаления в переднем сегменте. Известно, что СЛТ снижает ВГД в среднем на 20–30% от исходного уровня, и такой гипотензивный эффект в среднем сохраняется на протяжении от полугода до года, но в 25% может быть краткосрочным или отсутствовать вовсе [9]. Установлено, что пол, возраст, раса, стадия глаукомы, роговичный гистерезис не влияют на эффективность процедуры, однако положительными предикторами являются исходно высокое значение ВГД, средняя или высокая степень пигментации трабекулярной сети и появление взвеси рефлексивных частиц в передней камере после СЛТ [10, 11]. В попытках лучше понять патогенез и найти новые предикторы эффективности СЛТ мы обратили внимание на радужную оболочку.

**ЦЕЛЬ** исследования — изучение перфузии радужной оболочки у пациентов с ПОУГ после проведения СЛТ с помощью оптической когерентной томографии — ангиографии (ОКТА).

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В это пилотное проспективное интервенционное исследование включены 12 пациентов (12 глаз), в том числе 4 женщины и 8 мужчин в возрасте  $68,3 \pm 8,4$  года с ПОУГ I–III стадий, получавших 2 и более гипотензивных препарата, но не достигших давления цели. Критериями исключения были узкий угол передней камеры, сниженная прозрачность роговицы, ВГД более 32 мм рт. ст., глаукома на единственном зрачке глаза, глаукома IV стадии.

Исследование проведено в соответствии с этическими принципами, заложенными Хельсинкской декларацией, все пациенты подписали информированное согласие для проведения СЛТ и сбора данных с исследовательскими целями. На момент включения в исследование всех пациентов обследовали комплексом методов, включая ОКТА радужки и измерение ВГД бесконтактным методом. ОКТА радужки выполняли для каждого пациента по протоколу Angio Retina 3-mm через центр зрачка на томографе RTVue Avanti XR (Optovue, Fremont, США), поставив значения фокусировки и положения скана на максимальные. Обследование включало 304 В-сканов по 304 А-скана каждый. Сканирование проводили в стандартизированных фотопических условиях для достижения стабильно узкого зрачка. ВГД измеряли с помощью бесконтактного тонометра (ORA, Reichert, США), для оценки использовали показатель ВГД по Гольдману. После обследования пациентам проводилась СЛТ, затем в контрольные точки — через сутки, 7 и 30 сут после вмешательства — проводились повторные осмотры. Каждая контрольная точка включала проведение ОКТА радужки и измерение ВГД.

СЛТ осуществляли по стандартной методике: после местной анестезии с помощью 0,5% раствора проксиметакаина (Алкаин, Alcon, США) на лазерной системе Tango Duet (ELLEX, Австралия) по зоне трабекулярной сети угла передней камеры на окружности 360° наносили 100–120 лазерных импульсов, энергия импульса варьировала от 0,7 до 1,0 мДж в зависимости от появления «пузырьков шампанского». На следующий день после СЛТ (и проведения контрольного осмотра) всем пациентам на 7 дней назначали инстилляцию 0,1% раствора непафенака (Неванак, Alcon, США).

Анализ и обработку полученных на ОКТА изображений для оценки васкуляризации радужки проводили с помощью программы ImageJ (НИН, США). Для анализа были взяты изображения радужки в пласте на всю ее толщину до проведения СЛТ, на следующий день и через месяц после СЛТ. На исходных изображениях в анализ включали только участки скана, соответствующие сосудистому рисунку радужки. Изображения переводили в 8-битный формат, определяли порог яркости с использованием автоматического алгоритма Shanbag. После бинаризации (разделения всех пикселей изображения на относящиеся к сосудистому сигналу и нет) и скелетонизации (конверсии всех сосудов в линии толщиной 1 пиксель) изображений подсчитывали количество всех пикселей,

соответствующих сосудистому сигналу, т. е. общую протяженность всех сосудов радужки.

*Статистический анализ* проводили с помощью MedCalc 18.4.1 (MedCalc Software, Бельгия). Данные представлены как среднее значение ± стандартное отклонение или медиана (в случае ненормального распределения данных). Для оценки связи между параметрами использовали коэффициент корреляции Спирмена. Порогом статистической значимости считали  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Средний уровень ВГД до проведения СЛТ и через месяц после нее был  $22,6 \pm 4,7$  и  $15,4 \pm 2,6$  мм рт. ст. соответственно, гипотензивный эффект составил  $32,0 \pm 2,3\%$ . Общая протяженность сосудов радужки до выполнения СЛТ, на следующий день и через неделю после нее составила  $12\,643 \pm 2\,692$ ,  $14\,237 \pm 4\,649$  и  $13\,380 \pm 3\,704$  пикселей соответственно. Таким образом, на следующий день после СЛТ общая протяженность сосудов радужки увеличилась на медианное значение 2178 пикселей и снизилась относительно этого значения на медианное значение 652 пикселя через 7 дней после СЛТ (рисунок).

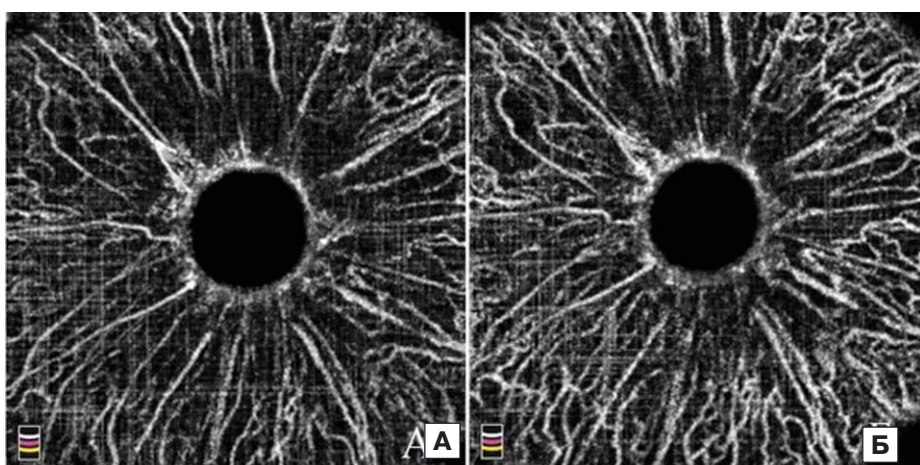
Установлены корреляции между возрастом пациентов, исходной васкуляричностью, васкуляричностью на 1-е сутки

и их изменением:  $r = 0,07$ ,  $r = 0,12$  и  $r = 0,11$  соответственно; между базовым значением ВГД, исходной васкуляричностью, васкуляричностью на 1-е сутки и их изменением:  $r = 0,05$ ,  $r = 0,01$  и  $r = 0,02$  соответственно; между финальным значением ВГД, исходной васкуляричностью, васкуляричностью на 1-е сутки и их изменением:  $r = 0,4$ ,  $r = 0,6$  и  $r = 0,47$  соответственно, а также между изменением ВГД, исходной васкуляричностью, васкуляричностью на 1-е сутки и их изменением:  $r = 0,13$ ,  $r = 0,2$  и  $r = 0,2$  соответственно.

Статистически значимая корреляция обнаружена между значениями ВГД к 1-му месяцу после процедуры и показателями васкуляризации радужки до СЛТ, через день после СЛТ и их различием:  $r = 0,4$ ,  $p < 0,05$  и  $r = 0,47$ ,  $p < 0,05$  соответственно. Однако наиболее сильная корреляция выявлена между васкуляричностью радужки на 1-е сутки после СЛТ и показателем ВГД к 1-му месяцу после процедуры:  $r = 0,6$ ,  $p < 0,05$  (таблица).

## ОБСУЖДЕНИЕ

В данном исследовании мы показали, что на следующий день после СЛТ отмечается транзиторное повышение васкуляризации радужной оболочки, которую оценивали по общей протяженности ее сосудов на изображении ОКТА. На 7-е сутки показатели васкуляризации постепенно возвращались к исходному состоянию, но превышали исходные значения, несмотря на назначение местного противовоспалительного препарата. Повышение



**Рисунок.** ОКТА радужки до селективной лазерной трабекулопластики (А) и на следующие сутки после ее выполнения (Б) показывает существенное изменение ее васкуляризации  
**Figure.** Optical coherence tomography angiography of the iris before selective laser trabeculoplasty (A) and one day after it (B), showing significant changes of iris vasculature

**Таблица.** Взаимосвязь между ВГД и васкуляричностью радужки  
**Table.** Relationships between intraocular pressure and iris vasculature

Показатели Parameters	Возраст Age	Базовое ВГД Baseline IOP	Финальное ВГД Final IOP	Изменение ВГД Changes of IOP
Исходная васкуляризация Baseline vasculature	$r = 0,07$	$r = 0,05$	$r = 0,4^*$	$r = 0,13$
Васкуляризация через сутки Vasculature in 1 day	$r = 0,13$	$r = 0,01$	$r = 0,6^*$	$r = 0,2$
Изменение васкуляризации Changes of vasculature	$r = 0,11$	$r = 0,02$	$r = 0,47^*$	$r = 0,2$

**Примечание.** \* —  $p < 0,05$ .

**Note.** \* —  $p < 0,05$ .



общей протяженности сосудов радужки коррелирует с отдаленными результатами СЛТ и, вероятно, может быть использовано для прогнозирования финальных показателей ВГД. Хотя в нашей работе мы оценили только краткосрочные результаты, они несут обнадеживающий характер и являются основанием для проведения дальнейшего исследования с целью оценки долгосрочного прогноза.

Это исследование не только показывает возможную прогностическую роль оценки васкуляризации радужной оболочки, но и проливает свет на участие воспаления в механизмах действия СЛТ. Этот вопрос длительное время остается дискуссионным, несмотря на значительное число проведенных исследований. Ранее проведенное рандомизированное исследование показало незначительную воспалительную реакцию, вызванную СЛТ, что выражалось в покраснении глаза, которое проходило самостоятельно без применения противовоспалительной терапии к 7-му дню после процедуры [12]. Изменение васкуляризации радужной оболочки после СЛТ не было заметным при проведении биомикроскопии, и этот факт подчеркивает ценность ОКТА как нового метода исследования в офтальмологии.

На сегодняшний день рассматривают 3 возможные теории действия СЛТ: 1) механическую, согласно которой при попадании лазерного излучения на пигментные клетки трабекулярной сети происходит растяжение интратрабекулярных пространств; 2) воспалительную, в соответствии с которой в ответ на тепловое воздействие лазера изменяется клеточная активность: повышается секреция цитокинов, индукция матриксных металлопротеиназ и увеличивается количество макрофагов; 3) биологическую, которая обращает внимание на усиление деления и репопуляции клеток трабекулярной сети. Обнаруженное нами повышение общей протяженности сосудов радужки как проявление одного из признаков воспаления — гиперемии является доводом в пользу дискутируемой теории о воспалительном механизме действия СЛТ. С другой стороны, в предыдущей работе мы показали важную роль выброса гиперрефлективных частиц во влагу передней камеры после СЛТ как одного из биомаркеров, отражающих эффективность СЛТ. По-видимому, эти частицы являются гранулами пигмента, высвобожденными из трабекулярной сети. Таким образом, сегодня мы можем достаточно уверенно говорить о наличии по крайней мере двух механизмов действия СЛТ: механического и воспалительного.

Однако нельзя исключить, что сосудистая реакция радужки может быть также связана с сопутствующим повреждением ее поверхности во время процедуры. При выполнении СЛТ лазерный луч, направляемый в угол передней камеры, проходит не совсем параллельно радужной оболочке и может касаться ее поверхности, вызывая фотоповреждение. Это, однако, не объясняет связь гипотензивного эффекта с гиперемией радужки после СЛТ, так как в случае сопутствующего повреждения степень ее гиперемии должна быть сходной у всех пациентов вне зависимости от уровня снижения ВГД.

Информация о развитии воспаления после СЛТ ограничена оценкой состояния влаги передней камеры по данным лазерного измерения флера и сосудистой реакции со стороны конъюнктивы. В частности, лазерное измерение флера показывает увеличение оптической плотности влаги передней камеры, связанное, скорее всего, с воспалительной реакцией, а конъюнктивит нередко демонстрирует реактивную гиперемию, которая может сопровождаться легкими болевыми ощущениями [13]. В совокупности эти данные подтверждают участие воспаления в механизме действия СЛТ. В этом отношении дополнительные данные о состоя-

нии перфузии радужной оболочки после СЛТ выглядят полезными. Однако такая оценка не была рутинным методом до появления ОКТА. И хотя данная технология разрабатывалась для структур заднего сегмента глаза, технические возможности некоторых томографов позволяют выполнять ОКТА переднего сегмента в высоком качестве. Ограничением этой техники является пигментация радужной оболочки, которая может экранировать сосуды, и, вероятно, на сильно пигментированных глазах оценка сосудистой реакции может быть затруднена.

Данное исследование является пилотным и имеет большое число ограничений. Во-первых, мы включили в исследование небольшое число пациентов. Во-вторых, срок наблюдения ограничен одним месяцем, и нельзя экстраполировать эти данные на более длительные сроки. В-третьих, пациенты получали нестероидный противовоспалительный препарат начиная со следующего дня после СЛТ, и естественная динамика этого показателя остается неизвестной. Возможно, что в рамках естественной динамики показатели васкуляризации на 7-й день могут иметь ценность для прогноза гипотензивного эффекта СЛТ.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данное исследование показало, что ОКТА позволяет выявить усиление перфузии радужной оболочки после СЛТ, вероятно, связанное с транзиторной воспалительной реакцией. Выраженность этой реакции может быть использована для прогноза гипотензивного эффекта СЛТ. Однако необходимы дальнейшие исследования в этой области для выяснения всех особенностей данного феномена и его прогностической ценности.

## Литература/References

1. Thomas S., Hodge W., Malvankar-Mehta M. The cost-effectiveness analysis of teleglaucoma screening device. *PLoS One*. 2015; 10: 0. doi: 10.1371/journal.pone.0137913
2. McMonnies C.W. Glaucoma history and risk factors. *J. Optom*. 2017; 10: 71–8. doi:10.1016/j.optom.2016.02.003
3. Allison K., Patel D., Alabi O. Epidemiology of glaucoma: the past, present, and predictions for the future. *Cureus*. 2020 Nov; 12 (11). doi: 10.7759/cureus.11686
4. Tham Y.C., Li X., Wong T.Y., et al. Global prevalence of glaucoma and projections of glaucoma burden through 2040: a systematic review and meta-analysis. *Ophthalmology*. 2014; 121: 2081–90. doi: 10.1016/j.ophtha.2014.05.013
5. Nan Zhang, Jiaying Wang, Ying Li, Bing Jiang. Prevalence of primary open angle glaucoma in the last 20 years: a meta-analysis and systematic review. *Scientific Reports*. 2021; 11: Article number:13762. doi: 10.3389/fmed.2020.624179
6. Бикбов М.М., Бабушкин А.Э., Хуснитдинов И.И., Мурова Л.Х., Матюхина Е.Н. Динамика эпидемиологических показателей глаукомы в Республике Башкортостан за период 2010–2016 гг. *Клиническая офтальмология*. 2018; 163–7. [Bikbov M.M., Babushkin A.E., Khusnitdinov I.I., Murova L. h., Matyukhina E.N. Dynamics of epidemiological indicators of glaucoma in the Republic of Bashkortostan for the period of 2010–2016. *RMJ "Clinical ophthalmology"*. 2018; 4: 163–7. doi: 10.21689/2311-7729-2018-18-4-163-167
7. Heijl A., Leske M.C., Bengtsson B., Bengtsson B., Hussein M.; Early Manifest Glaucoma Trial Group. Measuring visual field progression in the Early Manifest Glaucoma Trial. *Acta Ophthalmol. Scand*. 2003; 81: 286–93. doi: 10.1034/j.1600-0420.2003.00070.x
8. Latina M.A., Park C. Selective targeting of trabecular meshwork cells: in vitro studies of pulsed and CW laser interactions. *Exp. Eye Res*. 1995 Apr; 60 (4): 359–71. doi: 10.1016/s0014-4835(05)80093-4
9. McAlinden C. Selective laser trabeculoplasty (SLT) vs other treatment modalities for glaucoma: systematic review. *Nature Research. Eye*. 2014 Mar; 28 (3): 249–58. doi: 10.1038/eye.2013.267
10. Wasyluk J. T., Piekarniak-Wozniak A., Grabska-Liberek I. The hypotensive effect of selective laser trabeculoplasty depending on iridocorneal angle pigmentation in primary open angle glaucoma patients. *Arch. Med. Sci.*, 2014 May 12; 10 (2): 306–8. doi: 10.5114/aoms.2014.42583

11. *Kulikov A.N., Maltsev D.S., Kazak A.A., Burnasheva M.A.* Anterior chamber particles are associated with reduction of intraocular pressure after selective laser trabeculoplasty. *Br. J. Ophthalmol.* 2020 Nov; 104 (11): 1508–11. doi: 10.1136/bjophthalmol-2019-315445
12. *De Keyser M., De Belder M., De Groot V.* Randomized prospective study of the use of anti-inflammatory drops after selective laser trabeculoplasty. *J. Glaucoma.* 2017 Feb; 26 (2): 22–9. doi: 10.1097/IJG.0000000000000522
13. *Wong M.O., Lee J.W., Choy B.N., Chan J.C., Lai J.S.* Systematic review and meta-analysis on the efficacy of selective laser trabeculoplasty in open-angle glaucoma. *Surv. Ophthalmol.* 2015 Jan-Feb; 60 (1): 36–50. doi: 10.1016/j.survophthal.2014.06.006

**Вклад авторов в работу:** Д.С. Мальцев — разработка концепции и дизайна исследования, интерпретация полученных данных, переработка содержательной части текста, финальная подготовка статьи; А.А. Казак — сбор данных и их интерпретация, анализ литературных данных, написание текста; А.Н. Куликов — участие в разработке концепции и дизайна исследования, финальная подготовка статьи к публикации; А.С. Васильев — участие в сборе и интерпретации полученных данных; М.А. Бурнашева — участие в сборе и интерпретации полученных данных.

**Authors' contribution:** D.S. Maltsev — concept and design of the study, data collection and interpretation, processing of the content of the text, final processing; A.A. Kazak — data collection and interpretation, literature data analysis, text writing; A.N. Kulikov — participation in the development of the concept and design of the study, final preparation of the article for publication; A.S. Vasilev — participation in the collection and interpretation of the data; M.A. Burnasheva — participation in the collection and interpretation of the data.

*Поступила: 01.02.2022. Переработана: 10.03.2022. Принята к печати: 11.03.2022*  
*Originally received: 01.02.2022. Final revision: 10.03.2022. Accepted: 11.03.2022*

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*ФГБВОУВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ, ул. Боткинская, д. 21, Санкт-Петербург, 194044, Россия*

**Дмитрий Сергеевич Мальцев** — д-р мед. наук, доцент, заведующий отделением лазерной хирургии кафедры офтальмологии им. профессора В.В. Волкова

**Алина Алексеевна Казак** — клинический ординатор кафедры офтальмологии им. профессора В.В. Волкова

**Алексей Николаевич Куликов** — д-р мед. наук, профессор, начальник кафедры офтальмологии им. профессора В.В. Волкова

**Андрей Сергеевич Васильев** — врач-офтальмолог кафедры офтальмологии им. профессора В.В. Волкова

**Мария Андреевна Бурнашева** — врач-офтальмолог кафедры офтальмологии им. профессора В.В. Волкова

**Для контактов:** Алина Алексеевна Казак,  
alinakazak96@gmail.com

*S.M. Kirov Military Medical Academy, 6, Academician Lebedev St., St. Petersburg, 194044, Russia*

**Dmitry S. Maltsev** — Dr. of Med. Sci, assistant professor; head of the unit of laser surgery of ophthalmology chair named after professor V.V. Volkov

**Alina A. Kazak** — resident of ophthalmology chair named after professor V.V. Volkov

**Alexey N. Kulikov** — Dr. of Med. Sci, professor, head of chair named after professor V.V. Volkov

**Andrey S. Vasilev** — ophthalmologist of ophthalmology chair named after professor V.V. Volkov

**Maria A. Burnasheva** — ophthalmologist of ophthalmology chair named after professor V.V. Volkov

**Contact information:** Alina A. Kazak,  
alinakazak96@gmail.com



<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-98-103>

## Современные технологии рефракционной экстракции лентиккулы в коррекции миопии

И.А. Мушкова, С.В. Костенев, Н.В. Майчук, М.Р. Образцова , П.О. Носиров, И.С. Малышев

ФГАУ НМИЦ «МНТК "Микрохирургия глаза" им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Бескудниковский бульвар, д. 59а, Москва, 127486, Россия

**Цель работы** — проанализировать клиничко-функциональные результаты рефракционной экстракции лентиккулы по технологиям ReLEx SMILE® и CLEAR® у пациентов с миопией средней и высокой степени. **Материал и методы.** Обследовано и прооперировано 160 пациентов (160 глаз) в возрасте от 18 до 36 лет со стационарной миопией средней и высокой степени, имеющих бинокулярный характер зрения, со средними параметрами кератометрии (43,0–45,0 дптр), без противопоказаний к лазерной коррекции зрения. Сроки наблюдения после операции составили 1 и 3 мес. Были сформированы 2 сопоставимые группы: SMILE — 80 глаз пациентов, прооперированных по технологии рефракционной экстракции лентиккулы с применением фемтосекундного лазера VisuMax 500; CLEAR — 80 глаз пациентов, прооперированных по технологии рефракционной экстракции лентиккулы с применением фемтосекундного лазера FEMTO LDV Z8. Оба вмешательства выполнены по стандартным протоколам. **Результаты.** Интраоперационных осложнений не зафиксировано. Анализ клиничко-функциональных результатов коррекции миопии по технологии рефракционной экстракции лентиккулы, выполненной с помощью фемтосекундных лазеров VisuMax и LDV Z8, продемонстрировал высокую и сопоставимую эффективность, безопасность, предсказуемость и стабильность. **Заключение.** Обе технологии рефракционной экстракции лентиккулы могут быть рекомендованы для широкого клинического применения с целью коррекции миопии средней и высокой степени.


**Ключевые слова:** кераторефракционная хирургия; миопия; лентиккула; рефракционная экстракция лентиккулы

**Конфликт интересов:** отсутствует.

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

**Для цитирования:** Мушкова И.А., Костенев С.В., Майчук Н.В., Образцова М.Р., Носиров П.О., Малышев И.С. Современные технологии рефракционной экстракции лентиккулы в коррекции миопии. Российский офтальмологический журнал. 2022; 15 (2) (Приложение): 98–103. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-98-103>

## Modern technologies of refractive lenticular extraction in the correction of myopia

Irina A. Mushkova, Sergey V. Kostenev, Nataliya V. Maychuk, Maria R. Obratsova , Parviz O. Nosirov, Ilya S. Malyshev

S.N. Fyodorov Eye Microsurgery Clinic, 59a, Beskudnikovsky Boulevard, Moscow, 127486, Russia  
obratsova.maria@mail.ru

**Purpose.** To analyze the clinical and functional results of refractive lenticular extraction using ReLEx SMILE® and CLEAR® technologies in patients with moderate and high myopia. **Materials and methods.** 160 patients (160 eyes) aged 18 to 36 years diagnosed with moderate or high myopia, who had binocular vision, average keratometry parameters (43.0–45.0 D), and no contraindications to laser vision correction were operated according to the technology of refractive extraction of lenticula followed up 1 and 3 months after surgery. The patients were divided into 2 groups: (1) SMILE, which included 80 eyes of patients operated with the femtosecond laser VisuMax 500; and (2) CLEAR, including 80 eyes of patients operated using the femtosecond laser FEMTO LDV Z8. Both types of surgery were performed according to standard protocols. **Results.** No intraoperative complications were recorded. The analysis of clinical and functional parameters in the correction

of myopia using the technology of refractive lenticular extraction performed with VisuMax and LDV Z8 femtosecond lasers demonstrated high and comparable efficiency, safety, predictability and stability. **Conclusion.** Both technologies of refractive lenticular extraction can be recommended for wide clinical use in the correction of moderate and high myopia.

**Keywords:** corneal refractive surgery; myopia, lenticular; refractive lenticula extraction

**Conflict of interests:** there is no conflict of interests.

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

**For citation:** Mushkova I.A., Kostenev S.V., Maychuk N.V., Obraztsova M.R., Nosirov P.O., Malyshev I.S. Modern technologies of refractive lenticular extraction in the correction of myopia. Russian ophthalmological journal. 2022; 15 (2) (supplement): 98-103 (In Russian). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-98-103>

Аномалии рефракции являются основной причиной обратимых нарушений зрения в человеческой популяции [1, 2], а миопия среди них занимает лидирующую позицию [3, 4]. Согласно исследованию В. Holden и соавт. [5], посвященному глобальной тенденции распространенности близорукости средней и высокой степеней, с 2000 по 2050 г. ожидается рост числа взрослых миопов с 28% (2 млрд человек) в 2010 г. до 50% (5 млрд человек) в 2050 г. Рост частоты аметропий в популяции способствует развитию и совершенствованию технологий кераторефракционной и интраокулярной рефракционной хирургии, которые направлены на улучшение качества жизни пациентов, обеспечивают высокие клинко-функциональные результаты с минимальной вероятностью осложнений и быструю реабилитацию.

На сегодняшний день кераторефракционная хирургия (КРХ) представляет собой высокотехнологичную отрасль офтальмологии, позволяющую получить предсказуемый, высокоточный и стабильный рефракционный результат у пациентов с широким спектром рефракционных нарушений [6–11].

Одной из современных и многообещающих технологий КРХ является рефракционная экстракция лентикулы (РЭЛ), подразумевающая коррекцию аметропии путем формирования в строме роговицы оптической линзы с помощью фемтосекундного лазера и удаления ее через микроразрез [12, 13]. За последнее десятилетие РЭЛ произвела революцию в области КРХ, обеспечивая минимальное влияние на биомеханическую резистентность роговицы, индуцируя менее выраженный синдром сухого глаза при минимальном увеличении аберраций по сравнению с клапанной роговичной хирургией, что делает ее технологией выбора при коррекции миопии средней и высокой степени [13].

В настоящий момент существуют две доступные в офтальмологической практике модификации РЭЛ: ReLEx SMILE® (Small Incision Lenticule Extraction), которая была реализована впервые в мире в 2006 г. компанией Carl Zeiss Meditec AG (Германия), и CLEAR® (Corneal Lenticule Extraction for Advanced Refractive Correction), которая была разработана в 2020 г. и выполняется с использованием фемтосекундного лазера (Femto LDV Z8), производимого компанией Ziemer (Швейцария).

В отделе рефракционной лазерной хирургии «МНТК "Микрохирургия глаза" им. академика С.Н. Федорова» МЗ РФ (Москва) в 2018 г. в арсенал выполняемых операций была включена технология рефракционной экстракции лентикулы ReLEx SMILE с применением фемтосекундного лазера VisuMax 500. В 2020 г. впервые в России была клинически апробирована технология рефракционной экстракции лентикулы — CLEAR с применением фемтосекундного лазера Femto LDV Z8 с проведением крупномасштабных лабораторных, экспериментальных и клинических исследований [14].

**ЦЕЛЬ** работы — проанализировать клинко-функциональные результаты рефракционной экстракции лентику-

лы по технологиям ReLEx SMILE® и CLEAR® у пациентов с миопией средней и высокой степени.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В рамках данной работы обследовано и прооперировано 160 пациентов (160 глаз), не имеющих противопоказаний к РЭЛ, которые были разделены на две равные и сопоставимые по основным параметрам группы.

Группа SMILE: 80 глаз 80 пациентов, в том числе 42 мужчины, 38 женщин, в возрасте  $29,7 \pm 2,8$  года со стационарной миопией средней и высокой степени (сферозэквивалент рефракции —  $5,87 \pm 1,38$  дптр), которым проведена операция по технологии РЭЛ с применением фемтосекундного лазера VisuMax 500.

Группа CLEAR: 80 глаз 80 пациентов, в том числе 37 мужчин, 43 женщины, в возрасте  $31,2 \pm 4,2$  года со стационарной миопией средней и высокой степени (сферозэквивалент рефракции —  $5,39 \pm 1,09$  дптр), которым проведена операция по технологии РЭЛ с применением фемтосекундного лазера FEMTO LDV Z8.

Сроки наблюдения после операции в обеих группах составили 1 и 3 мес.

Согласно протоколу комплексного обследования пациента рефракционного профиля, в обеих группах была проведена проверка остроты зрения вблизи и вдаль в естественных условиях и в условиях медикаментозной циклоплегии, измерение внутриглазного давления (ВГД), авторефрактометрия, исследование полей зрения, А- и В-сканирование, офтальмоскопия с исследованием центральных и периферических областей глазного дна, кератотопография и исследование на шаймпфлюг-камере, тест Ширмера-1 и определение времени разрыва слезной пленки (ВРСП).

Технология проведения РЭЛ подразумевает предварительную обработку операционного поля обеззараживающим раствором (бетрадин), постановку блефаростата после местного обезболивания раствором анестетика (однократное закапывание препарата Алкаин), формирование интрастромальной оптической лентикулы с помощью фемтосекундного лазера (VisuMax 500 или LDV Z8) после фиксации глаза с помощью вакуумного кольца. Параметры оптической лентикулы рассчитываются заранее исходя из данных пациента и существующих номограмм. Далее производится вскрытие сформированной фемтосекундным лазером инцизии с помощью острого конца двустороннего шпателя и отсепаровка лентикулы с помощью расслаивающей рабочей части того же инструмента. Лентикула удаляется из интрастромального кармана с помощью цангового пинцета, далее увлажненная физраствором поверхность роговицы разглаживается микро-тупфером. Операция завершается инстилляцией раствора местного антисептика (витабакт) и удалением блефаростата. Отличие операции SMILE заключается в (1) использовании вогнутого аппланационного конуса, конгруэнтного поверхности роговицы, позволяющего минимально исказить ее

форму, что обеспечивает максимально возможную равномерность лентикулы, (2) минимальном повышении ВГД в процессе формирования лентикулы, что позволяет пациенту практически на всем протяжении операции следить за фиксационной меткой, (3) визуальном контроле за процессом формирования лентикулы в режиме реального времени. Отличие операции CLEAR заключается в (1) применении высокоскоростного низкоэнергетического фемтосекундного лазера, обеспечивающего формирование плоскости интрастромального разделения ткани роговицы практически без тканевых мостиков, требующих мануальной сепаровки, (2) возможности смещения лентикулы после достижения вакуумной фиксации при необходимости дополнительной центровки, (3) наличии газоотводящих каналов, обеспечивающих минимизацию риска возникновения непрозрачного пузырькового слоя в слоях роговицы, затрудняющих сепаровку и удлиняющих восстановление зрительных функций.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Операции по технологиям SMILE и CLEAR были выполнены в отделе рефракционной лазерной хирургии ФГАУ НИИЦ «МНТК "Микрохирургия глаза" им. С.Н. Федоро-

ва» Минздрава России (Москва) по стандартным протоколам. Интраоперационных осложнений не было. На первые сутки у большинства пациентов отмечались явления стандартного слабореактивного состояния, обусловленного асептической воспалительной реакцией в зоне интерфейса, возникающей при воздействии на ткани роговицы лазерного импульса, что подтверждается данными литературы [15–18]. У 71% пациентов, несмотря на достижение максимальной некорректируемой остроты зрения 1,0 и выше, отмечались жалобы на «неидеальность зрения» — нечеткость и размытость изображения, что обусловлено послеоперационным стромальным асептическим отеком роговицы и описано также другими авторами [19, 20]. Разницы по частоте встречаемости данной жалобы у пациентов в группе SMILE и CLEAR не выявлено. Данная особенность характерна для раннего послеоперационного периода РЭЛ и не требует существенного изменения стандартного протокола ведения пациентов, включающего назначение короткого курса стероидных противовоспалительных средств и антибактериальных препаратов.

При контрольном обследовании пациентов через месяц после операции признаков эпителиопатии и стромального отека роговицы не выявлено ни

в одном случае, жалоб на нечеткость зрения также не предъявлялось. Все пациенты были удовлетворены полученным оптическим результатом.

Оценку клинико-функциональных показателей проводили через месяц после стабилизации состояния глазной поверхности и купирования явлений послеоперационной асептической реакции. В последующем оценивали стабильность зрительных функций у пациентов через 3 мес.

Целевой рефракцией во всех случаях была эметропия. При анализе сферозквивалента (SE) рефракции через месяц после операции у пациентов обеих групп отмечено попадание в диапазон от -1,0 до +1,0 дптр в 100% случаев. Однако анализ более узкого диапазона: от -0,5 до +0,5 дптр — показал, что рефракционный результат по SE по технологии SMILE несколько выше (80%), чем при технологии CLEAR (77%) (рис. 1, А, Б). На наш взгляд, это может быть связано с более отработанной номограммой, используемой при расчете параметров операции SMILE, по сравнению с более новой операцией CLEAR. Вместе с тем при коррекции аметропии в обеих группах был достигнут высокий процент попадания в целевую эметропическую рефракцию. При анализе попадания в диапазон  $\pm 0,5$  дптр через 3 мес после операции отмечено небольшое увеличение количества пациентов, попавших в данную группу: 84% в группе SMILE и 81% в группе CLEAR, что можно объяснить продолжением резорбции стромального отека у пациентов и постепенным восстановлением целевой кривизны роговицы.

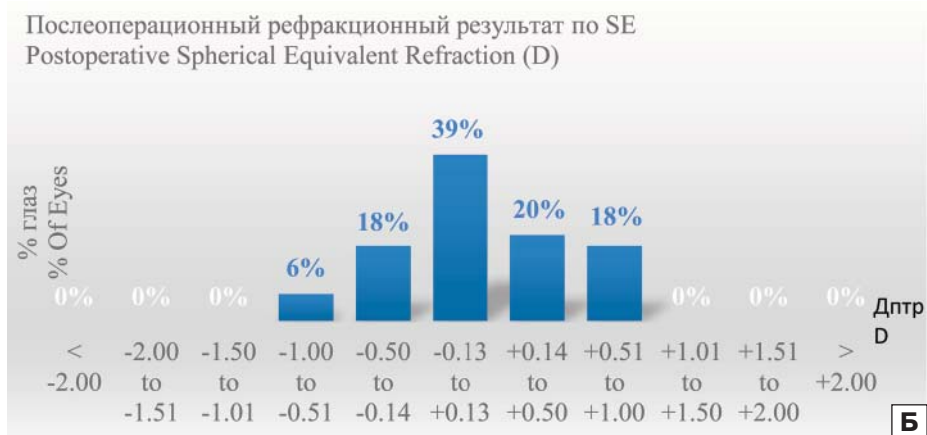


Рис. 1. А — послеоперационный рефракционный результат по SE после ReLEx SMILE. Б — послеоперационный рефракционный результат по SE после операции CLEAR

Fig. 1. А — postoperative spherical equivalent refraction after ReLEx SMILE. Б — postoperative spherical equivalent refraction after CLEAR

Анализ послеоперационного цилиндрического компонента рефракции у всех пациентов в обеих группах не выявил отклонений от 0, превышающих  $\pm 1,0$  дптр. В абсолютном большинстве случаев (82% после Relex SMILE и 78% после CLEAR) цилиндрический компонент рефракции находился в пределах  $\pm 0,5$  дптр, что представлено на рисунке 2, А. Б. Через 3 мес после операции данный показатель существенно не отличался от показателей через месяц и составил в группе SMILE 84%, в группе CLEAR — 78%.

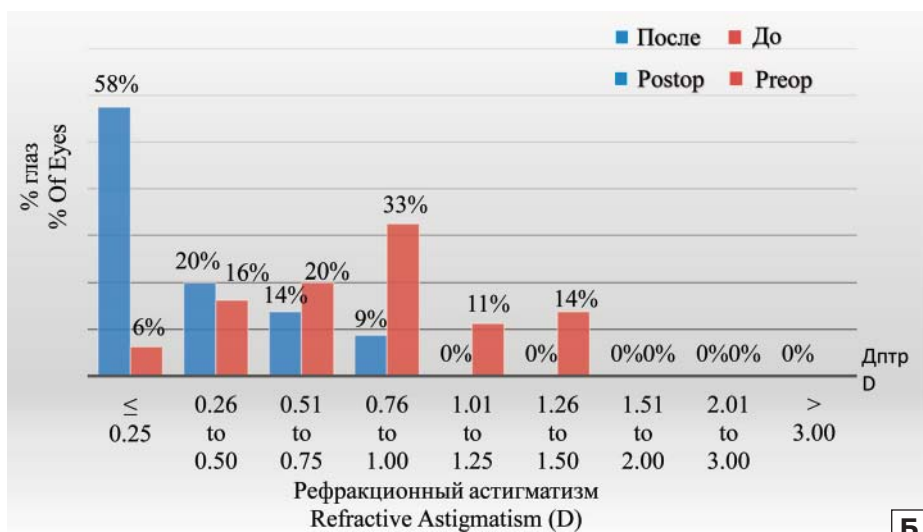
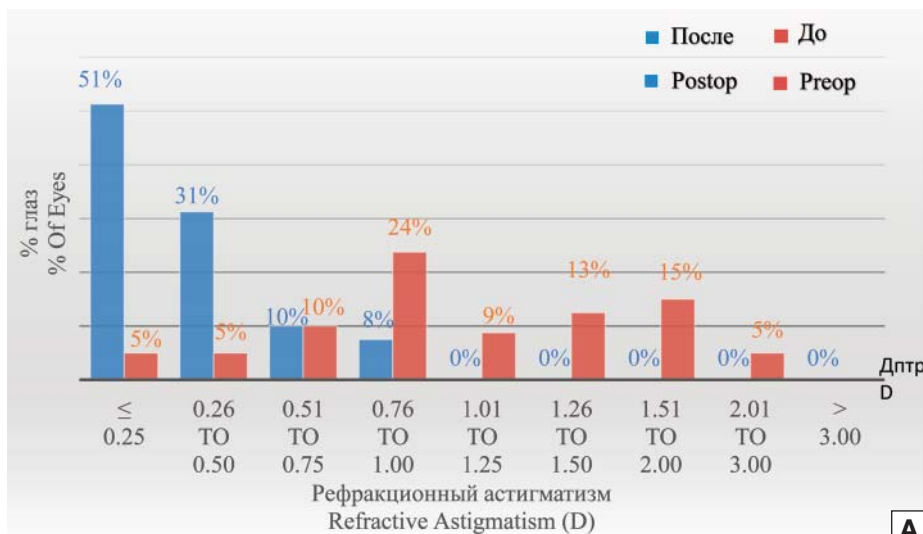
Важным критерием оценки любой кераторефракционной операции является показатель безопасности, характеризующийся изменением количества строк максимально корригируемой остроты зрения (МКОЗ) относительно дооперационных значений. Прибавка строк относительно дооперационных значений наблюдалась с сопоставимой частотой в обеих группах: до двух строк в 25% случаев по технологии SMILE (рис. 3, А) и в 27% случаев — по технологии CLEAR (рис. 3, Б). Потеря одной строки МКОЗ наблюдалась только в одном случае у пациента после операции

SMILE с выраженным неоваскулярным паннусом роговицы, сопровождавшимся интраоперационным попаданием крови в пространство интерфейса, что привело к замедленному течению репаративно-регенераторного процесса и потребовало коррективы фармакологического сопровождения. Острота зрения до предоперационной МКОЗ восстановилась к 3 мес после операции.

Контрольное обследование пациентов через 3 мес после операции показало стабильность зрительных функций. Потеря строк МКОЗ не наблюдалось. У двоих пациентов из группы SMILE к 3-му месяцу наблюдения отмечена прибавка одной строки по сравнению с дооперационной МКОЗ, что, вероятно, обусловлено течением репаративно-регенераторных процессов роговицы и дальнейшей резорбцией стромального отека.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ клинко-функциональных результатов коррекции миопии средней и высокой степени по технологии рефракционной экстракции лентикулы, выполненной с помощью фемтосекундных лазеров VisuMax и LDV Z8, показал высокую результативность и сопоставимость по основным анализируемым параметрам, а также высокую субъективную удовлетворенность пациентов. В связи с этим новая технология CLEAR, наряду с доказавшей свою результативность операцией ReLEex SMILE, может быть рекомендована для широкого клинического применения в коррекции миопической рефракции. Анализ полученных клинко-функциональных параметров через 1 и 3 мес после операции не выявил существенных отличий, что позволяет сделать вывод о том, что при существующих на сегодняшний момент технологиях РЭЛ заживление роговицы и стабилизация зрительных функций у большинства пациентов завершается к 1-му месяцу после вмешательства.



**Рис. 2.** А — предсказуемость по цилиндрическому компоненту рефракции по технологии Relex SMILE. Б — предсказуемость по цилиндрическому компоненту рефракции по технологии CLEAR

**Fig. 2.** А — predictability by cylindrical refraction component using Relex SMILE technology. Б — predictability of the cylindrical refraction component using CLEAR technology

## Литература/References

1. Pascolini D., Mariotti S.P. Global estimates of visual impairment: 2010. Br. J. ophthalmol. 2012; 96 (5): 614–8. doi: 10.1136/bjophthalmol-2011-300539
2. Naidoo K.S., Leasher J., Bourne R.R. Global vision impairment and blindness due to uncorrected refractive error, 1990–2010. Optom. Vis. Sci. 2016; 93 (3): 227–34. doi: 10.1097/OPX.0000000000000796
3. Dolgin E. The myopia boom. Nature. 2015; 519 (7543): 276–8. doi: 10.1038/519276a
4. Foster P.J., Jiang Y. Epidemiology of myopia. Eye. 2014; 28 (2): 202–8. doi: 10.1038/eye.2013.280
5. Holden B.A., Fricke T.R., Wilson D.A. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050. Ophthalmology. 2016; 123 (5): 1036–42. doi: 10.1016/j.ophtha.2016.01.006
6. Дога А.В., Мушкова И.А., Семенов А.Д., Каримова А.Н., Кечин Е.В. Этапы развития и современные аспекты кераторефракционной хирургии. Практическая медицина. 2016; 6 (98): 36–41. [Doga A.V., Mushkova I.A., Semenov A.D., Karimova A.N., Kechin E.V. Stages of development and modern aspects of keratorefractive surgery. Practical medicine. 2016; 6 (98): 36–41 (in Russian)].
7. Писарева О.В., Шуко А.Г., Юрьева Т.Н. SMILE — инновационная технология в рефрак-

ционной хирургии. Тихоокеанский медицинский журнал. 2016; 3: 74–6. [Pisarevskaya O.V., Shchuko A.G., Yurieva T.N. SMILE is an innovative technology of refractive surgery. Tikhookeanskiy meditsinskij zhurnal. 2016; 3: 74–6 (in Russian)]. doi: 10.17238/PmJ1609-1175.2016.3.76–78

8. Morgan I.G., French A.N., Ashby R.S. The epidemics of myopia: aetiology and prevention. *Prog. Retin Eye Res.* 2018; 62: 134–49. doi:10.1016/j.preteyeres.2017.09.004
9. Майчук Н.В., Дога А.В., Тахчиди Н.Х. Новый подход к повышению качества зрения у пациентов с кераторефракционными нарушениями. *Практическая медицина.* 2012; 59 (4): 45–8. [Maychuk N.V., Doga A.V., Takhchidi N.H. A new approach to improving the quality of vision in patients with keratorefractive disorders. *Practical medicine.* 2012; 59 (4): 45–8 (in Russian)]. EDN: PCAGQP
10. Guzowski M.L., Wang J.J., Rochtchina E., Rose K.A., Mitchell P. Five-year refractive changes in an older population: the Blue Mountains Eye Study. *Ophthalmology.* 2003; 110 (7): 1364–70. doi: 10.1016/S0161-6420(03)00465-2
11. Applegate R.A., Howland H.C. Refractive Surgery, optical aberrations, and visual performance. *J. Refract. Surg.* 1997; 13: 295–9. doi: 10.3928/1081-597X-19970501-16
12. Zhang Y., Shen Q., Jia Y., Zhou D., Zhou J. Clinical Outcomes of SMILE and FS-LASIK used to treat myopia: AmMeta-analysis. *J. Refract. Surg.* 2016; 32 (4): 256–65. doi: 10.3928/1081597X-20151111-06
13. Liu Y.C., Mehta J.S. Surgical instruments for small incision lenticule extraction (SMILE). *Expert. Rev. Ophthalmol.* 2016; 11: 171-2. doi.org/10.1080/17469899.2016.1187065
14. Костенев С.В., Носилов П.О. Способ оптимизированной коррекции миопии методом рефракционной экстракции лентикулы роговицы на низкоэнергетическом фемтосекундном лазере. Патент РФ № 2764362 от 17.01.2022/ Бюл. № 2. [Kostenev S.V., Nosirov P.O. Method of optimized correction of myopia by fractional extraction of corneal lenticula on a low-energy femtosecond laser. RU Patent 2764362, 17.01.2022 (in Russian)].
15. Vestergaard A.H. Past and present of corneal refractive surgery: a retrospective study of long-term results after photorefractive keratectomy and a prospective study of refractive lenticule extraction. *Acta Ophthalmol.* 2014; 92 Thesis 2: 1–21. doi: 10.1111/aos.12385
16. Костенев С.В., Черных В.В. Фемтосекундная лазерная хирургия. Принципы и применение в офтальмологии. Новосибирск; 2012. [Kostenev S.V., Chernykh V.V. Femtosecond laser surgery. Principles and application in ophthalmology. Novosibirsk; 2012 (in Russian)].
17. Qiu P.-J., Yang Y.-B. Early changes to dry eye and ocular surface after small-incision lenticule extraction for myopia. *Int. J. Ophthalmol.* 2016; 9: 575–9. doi: 10.18240/ijo.2016.04.17

### Изменение строк МКОЗ Change in Snellen Lines of CDVA



### Изменение строк МКОЗ Change in Snellen Lines of CDVA



**Рис. 3. А** — динамика МКОЗ по технологии Relex SMILE. **Б** — динамика МКОЗ при использовании технологии CLEAR

**Fig. 3. А** — the dynamics of BCVA using Relex SMILE technology. **Б** — dynamics of BCVA using CLEAR technology

18. Wong J.X., Wong E.P., Htoon H.M., Mehta J.S. Intraoperative centration during small incision lenticule extraction (SMILE). *Medicine (Baltimore).* 2017; 96 (16): e6076. doi: 10.1097/MD.0000000000006076
19. Hyman L. Myopic and hyperopic refractive error in adults: an overview. *Ophthalmic Epidemiol.* 2007; 14 (4): 192–7. doi: 10.1080/09286580701535517
20. L'Esperance F.A., Taylor D.M., Del Pero R.A., et al. Human excimer laser corneal surgery: preliminary report. *Trans Am. Ophthalmol. Soc.* 1988; 86: 208–75.

**Вклад авторов в работу:** И.А. Мушкова — научное консультирование, редактирование статьи, окончательное одобрение текста для опубликования; С.В. Костенев, Н.В. Майчук — научная идея и дизайн работы, сбор данных, написание текста, подбор иллюстративного материала, редактирование статьи; М.Р. Образцова, П.О. Носиров, И.С. Малышев — сбор данных, написание текста, подбор иллюстративного материала.

**Authors' contribution:** I.A. Mushkova — scientific consulting, editing of the article, final approval of the article for publication; S.V. Kotenev, N.V. Maychuk — scientific idea and design of the work, data collection, writing of the text, selection of illustrative material, editing of the article; M.R. Obraztsova, P.O. Nosirov, I.S. Malyshev — data collection, writing of the text, selection of illustrative material.

*Поступила: 15.02.2022. Переработана: 27.02.2022. Принята к печати: 02.03.2022*  
*Originally received: 15.02.2022. Final revision: 27.02.2022. Accepted: 02.03.2022*

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

ФГАУ НМИЦ «МНТК "Микрохирургия глаза" им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Бескудниковский бульвар, д. 59а, Москва, 127486, Россия

**Ирина Альфредовна Мушкова** — д-р мед. наук, заведующая отделом лазерной рефракционной хирургии

**Сергей Владимирович Костенев** — д-р мед. наук, старший научный сотрудник отдела лазерной рефракционной хирургии

**Наталья Владимировна Майчук** — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отдела лазерной рефракционной хирургии

**Мария Романовна Образцова** — аспирант

**Парвиз Олучаевич Носиров** — аспирант

**Илья Сергеевич Малышев** — ординатор

**Для контактов:** Мария Романовна Образцова,  
obraztsova.maria@mail.ru

*S.N. Fyodorov Eye Microsurgery Clinic, 59a, Beskudnikovsky Boulevard, Moscow, 127486, Russia*

**Irina A. Mushkova** — Dr. of Med. Sci., head of the department of laser refractive surgery

**Sergey V. Kostenev** — Dr. of Med. Sci., senior researcher of the department of laser refractive surgery

**Nataliya V. Maychuk** — Cand. of Med. Sci., senior researcher of the department of laser refractive surgery

**Maria R. Obraztsova** — PhD student

**Parviz O. Nosirov** — PhD student

**Ilya S. Malyshev** — resident

**Contact information:** Maria R. Obraztsova,  
obraztsova.maria@mail.ru





<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-104-114>

# Хирургические технологии шовной фиксации к радужке комплекса «ИОЛ — фиброзированный капсульный мешок» при его дислокации

В.Н. Никитин ✉, Д.И. Иванов

АО ЕЦ МНТК «Микрохирургия глаза», ул. Академика Бардина, д. 4а, Екатеринбург, 620149, Россия

**Цель работы** — представить различные варианты хирургического лечения при дислокации комплекса «ИОЛ — фиброзированный капсульный мешок», а также провести анализ их клинико-функциональных результатов. **Материал и методы.** 50 пациентов (средний возраст —  $75,7 \pm 1,3$  года) с дислокацией комплекса «ИОЛ — капсульный мешок» (КИКМ) были разделены на 2 группы по принципу применяемой тактики лечения. Тактика 1 состояла в подшивании КИКМ к радужной оболочке на опорной игле без манипуляций с капсульным мешком (26 глаз). Тактика 2 заключалась в подшивании ИОЛ к радужной оболочке в сочетании с различными манипуляциями на капсульном мешке, направленными на частичное или полное удаление фиброзной ткани (24 глаза). Срок наблюдения составил 4–6 лет. **Результаты.** Выделены критерии, влияющие на выбор тактики лечения: целостность цинновой связки, проявление фиброза капсульного мешка (фимоз переднего капсулорексиса, фиброз задней капсулы), влияние измененной структуры капсульного мешка на положение ИОЛ (фронтальный наклон ИОЛ, заворот гаптических элементов до оптической зоны), наличие грыжи стекловидного тела, кольцо Земмеринга с высоким риском выхода хрусталиковых масс. Проведен анализ частоты выявления предложенных критериев, и показана их значимость при выборе тактики хирургического лечения у пациентов со смешанным типом дислокации КИКМ. Представлены отсроченные функциональные результаты операций. **Заключение.** Предлагаемые малоинвазивные методы хирургического лечения пациентов с дислокацией КИКМ характеризуются надежностью и технической простотой. Определены относительные показания к выбору метода хирургического лечения пациентов с дислокацией КИКМ при различных сочетаниях предложенных критериев.

**Ключевые слова:** дислокация комплекса «ИОЛ — капсульный мешок»; контракционный капсулярный синдром

**Конфликт интересов:** отсутствует.

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

**Для цитирования:** Никитин В.Н., Иванов Д.И. Хирургические технологии шовной фиксации к радужке комплекса «ИОЛ — фиброзированный капсульный мешок» при его дислокации. Российский офтальмологический журнал. 2022; 15 (2) (Приложение): 104–114. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-104-114>

## Surgical technologies of sutured iris fixation of the dislocated IOL — fibrosed capsular bag complex

Vladimir N. Nikitin ✉, Dmitry I. Ivanov

Ekaterinburg Eye Microsurgery Center, 4A, Academician Bardin St., Ekaterinburg, 620149, Russia  
vladimir.dok@gmail.com

**Purpose.** To present various techniques of surgical treatment with the dislocation of the IOL — fibrosed capsular bag complex, and to analyze their clinical and functional results. **Material and methods.** 50 patients (mean age  $75.7 \pm 1.3$  years) who received surgery with IOL-capsular bag complex (ICBC) were divided into 2 groups according to the applied treatment tactics. Tactics 1 consisted in suturing ICBC to the iris on the support needle without manipulations with the capsular bag (26 eyes). Tactic 2 involved IOL suturing to the iris in combination with various manipulations on the capsular bag, aimed at partial or complete removal of fibrous tissue (24 eyes). The follow-up period ranged from 4 to 6 years. **Results.** The criteria affecting the choice of the treatment technique were determined: integrity of the Zinn

ligament, manifestation of capsular bag fibrosis (phimosis of the anterior capsulorhexis, fibrosis of the posterior capsule); impact of changes in the capsular bag structure on the correct position of the IOL (frontal inclination of the IOL, inversion of haptic elements to the optic zone); presence of a prolapse of the vitreous body; Semmering's ring with a high risk of the release of lens masses. A frequency occurrence analysis of the proposed criteria showed their importance in the choice of surgical treatment technique in patients with mixed type ICBC dislocation. Remote functional results of the operations are presented. **Conclusion.** The proposed low invasive methods of surgical treatment of patients with the dislocation of the IOL — fibrosed capsular bag complex are reliable and technically simple. Relative indications to choosing the treatment method with dislocation of the IOL-fibrosed capsular bag complex have been determined for various combinations of the proposed criteria.

**Keywords:** dislocation of the IOL-capsular bag complex; contraction capsular syndrome

**Conflict of interests:** there is no conflict of interests.

**Financial disclosure:** No author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

**For citation:** Nikitin V.N., Ivanov D.I. Surgical technologies of sutured iris fixation of the dislocated IOL — fibrosed capsular bag complex. Russian ophthalmological journal. 2022; 15 (2) (supplement): 104-14 (In Russian). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-104-114>

Технология факоэмульсификации (ФЭ) в настоящее время стандартизирована и предполагает внутрикапсульную имплантацию интраокулярной линзы (ИОЛ) после удаления катаракты. Обеспечение правильного анатомического расположения ИОЛ в таком случае происходит за счет формирования в течение 1–1,5 мес единого комплекса «ИОЛ — капсульный мешок» (КИКМ) [1]. Дальнейшая стабильность топографии ИОЛ зависит от двух основных факторов: целостности связочного аппарата хрусталика и стабильности формы и структуры капсульного мешка.

Гистологические изменения строения соединительной ткани капсульного мешка в определенной степени происходят у всех пациентов в послеоперационном периоде за счет эпителиально-мезенхимального перехода эпителиальных клеток, находящихся на внутренней поверхности передней капсулы, в миофибробласты, а также миграции экваториальных клеток на заднюю капсулу с дальнейшей пролиферацией [2, 3]. При описании данного процесса клеточной трансформации, которая приводит к развитию рубцовых процессов соединительной ткани и рассматривается как патологическая, используют термин «фиброз». С анатомической точки зрения фиброзу изменению в капсульной сумке могут подвергаться изолированно как передняя, так и задняя капсула либо их сочетание.

Вариабельность фиброзного процесса и отсутствие классического стадийного течения позволяют говорить о вариантах его проявления. Начальные изменения выглядят как уплотнение и снижение прозрачности передней капсулы в некоторых местах контакта капсулорексиса и оптики ИОЛ, далее встречается уплотнение по всей окружности капсулорексиса, затем формируются рубцовые капсульные складки, которые приводят к изменению формы экваториальной части капсульного мешка и уменьшению его диаметра. Крайняя степень выраженности фиброзного процесса сочетает в себе чрезмерный/асимметричный фиброз капсульного мешка, эксцентрическое смещение капсулорексиса, фимоз капсулорексиса и сокращение капсулы [4, 5].

Клинически данные нарушения трактуются как капсулярный синдром и проявляются в снижении зрительных функций на фоне помутнения передней/задней капсулы в оптическом центре, деформации ИОЛ/заворота гаптических элементов ИОЛ, наклона/децентрации ИОЛ в капсульном мешке, дислокации КИКМ, которая зачастую сопровождается инволюционной слабостью связочного аппарата хрусталика на фоне прогрессирующего псевдоэкзофтальмического синдрома.

Сочетание различных патогенетических механизмов дислокации КИКМ требует особого подхода при выборе метода хирургического лечения, при котором, наряду с ре-

позицией и фиксацией ИОЛ, в ряде случаев необходимо осуществлять дозированное иссечение фиброзной ткани капсульного мешка [6, 7].

При выборе метода хирургического лечения пациентов с дислокацией КИКМ наравне с надежностью и низким риском интраоперационных осложнений большое значение имеет техническая простота и продолжительность вмешательства, что формирует приверженность хирурга к определенному подходу к лечению с учетом удобства и комфорта при выполнении манипуляций.

В Екатеринбургском центре МНТК «Микрохирургия глаза» более 10 лет используется техника шовной фиксации к радужной оболочке при дислокации комплекса «ИОЛ — капсульный мешок».

С учетом необходимости в ряде случаев дополнительных манипуляций с фиброзными тканями перед шовной фиксацией КИКМ важно иметь в арсенале определенные технические приемы малоинвазивного вмешательства.

**ЦЕЛЬ** работы — представить различные варианты хирургического лечения при дислокации комплекса «ИОЛ — фиброзированный капсульный мешок», а также провести анализ их клинико-функциональных результатов.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проанализирована группа из 50 пациентов, включавшая 24 (48%) мужчин и 26 (52%) женщин в возрасте ( $M \pm \sigma$ )  $75,7 \pm 1,3$  года, прооперированных в 2014–2016 гг. в связи с дислокацией КИКМ методом шовной фиксации к радужной оболочке за 2 дужки. Критерием включения в группу являлось наличие определенных фиброзных изменений капсульного мешка. При сборе данных катамнеза выделены основные анатомо-топографические показатели пациентов данной группы, включающие тип и модель ИОЛ, сохранность связочного аппарата, степень дислокации, локализацию и степень фиброзных изменений капсульного мешка, влияние уплотнения капсульного мешка на положение ИОЛ и расположение гаптических элементов.

Пациенты разделены на 2 группы в соответствии с примененной тактикой хирургического лечения дислокации КИКМ (табл. 1).

**Тактика 1.** Подшивание КИКМ к радужной оболочке на опорной игле без манипуляций с капсульным мешком (26 глаз).

**Тактика 2.** Подшивание ИОЛ к радужной оболочке в сочетании с различными манипуляциями на капсульном мешке, направленными на частичное или полное удаление фиброзной ткани (24 глаза).

**Тактика 1.** Подшивание КИКМ к радужной оболочке на опорной игле. Основные этапы шовной фиксации дис-

**Таблица 1.** Клиническая характеристика пациентов с дислокацией комплекса «ИОЛ — фиброзированный капсульный мешок»  
**Table 1.** Clinical characteristics of patients with dislocation of the IOL-fibrosed capsular bag complex

Показатели Parameters		Тактика 1 Tactics 1 n = 26 (52 %)	Тактика 2 Tactics 2 n = 24 (48 %)
Возраст, лет Age, years		75,5 ± 2,1	75,6 ± 1,3
Мужчины/Женщины Male/Female		15/11	9/15
OD/OS		12/14	15/9
Материал ИОЛ IOL Material	Гидрофильный Hydrophilic	8	11
	Гидрофобный Hydrophobic	14	7
	ПММА PMMA	4	1
Платформа ИОЛ IOL platform	Монолитная Monolithic	15	11
	Трехчастная Three-part	11	8
Средний срок от ФЭ + ИОЛ до развития дислокации, лет Average period of dislocation development, years		7,23 ± 0,7	6,8 ± 0,7
Преимущественная локализация фиброзных изменений Preferential localization of fibrotic changes	Передняя капсула Anterior capsule	19	12
	Задняя капсула Posterior capsule	2	3
	Сочетание Combination	5	9
Вариант проявления фиброза Variant of fibrosis manifestation	Уплотнение края капсулорексиса в некоторых местах Thickening of capsulorhexis edge in certain places	2	2
	Уплотнение всего переднего капсулорексиса в месте контакта с оптикой ИОЛ Consolidation of the entire anterior capsulorhexis at the site of contact with the IOL optics	22	18
	Дополнительное формирование капсульных складок Additional formation of capsular folds	2	3
	Чрезмерный/асимметричный фиброз в сочетании с фимозом капсулорексиса, контракционный фиброз всего капсульного мешка Excessive/asymmetric fibrosis with capsulorhexis phimosis, contraction fibrosis of the entire capsular bag	0	1
Стадия дислокации по R. Lorente* Stage of dislocation by R. Lorente *	I стадия I stage	6	2
	II стадия II stage	19	22
	III стадия III stage	1	0
Выраженность кольца Земмеринга** Severity of Semmering's ring**	Незначительная Minor	24	12
	Умеренная Moderate	2	11
	Выраженная Severe	0	1

**Примечание.** \* — стадия дислокации КИКМ определялась по классификации R. Lorente [8] в положении сидя: I стадия — выраженный псевдофакоденез; II стадия — дислокация КИКМ с положением верхнего края ИОЛ выше оптической оси (сохранна нижняя порция зонулярных волокон и частично сохранна верхняя порция); III стадия — дислокация КИКМ с положением верхнего края ИОЛ ниже оптической оси (верхняя порция зонулярных волокон разрушена, КИКМ поддерживается остаточными передними порциями зонулярных волокон); \*\* — выраженность кольца Земмеринга определялась по классификации J. Apple [9]: с учетом данных ультразвуковой биомикроскопии выраженность кольца Земмеринга определялась как незначительная при I степени помутнения и I степени распространения, умеренная — при II степени помутнения и II степени распространения, выраженная — при III–IV степени помутнения и III–IV степени распространения.

**Note.** \* — stage of dislocation was determined in sitting position according R. Lorente [8]: stage I — pronounced pseudophacodенез; stage II — dislocation of the complex with the position of the upper edge of the IOL above the optical axis (the lower portion of the zonular fibers is preserved and the upper portion is partially preserved); stage III — dislocation of the complex with the position of the upper edge of the IOL below the optical axis (the upper portion of the zonular fibers is destroyed, the complex is supported by the residual anterior portions of the zonular fibers); \*\* — the severity of the Semmering ring was determined according to the classification of J. Apple [9]: taking into account the UBM data, the severity of the Semmering ring was determined as insignificant at 1<sup>st</sup> degree of opacity and 1<sup>st</sup> degree of distribution; moderate at 2<sup>nd</sup> degree of opacity and 2<sup>nd</sup> degree of distribution; severe — at 3–4<sup>th</sup> degree of opacity and 3–4 degree of distribution.

лоцированного комплекса КИКМ представлены на рисунке 1.

Данная техника применялась в случаях, когда преобладала недостаточность связочного аппарата в сочетании с умеренными проявлениями фиброза капсульного мешка (помутнение передней капсулы вне оптического центра) без рубцовых контракционных изменений, а также при полном внутрикапсульном положении ИОЛ.

Принцип репозиции КИКМ заключается в использовании инъекционной иглы 30G, которую вводят в полость глаза через плоскую часть цилиарного тела, размещая ее под ИОЛ, осуществляя ее центрирование относительно зрачка. Далее, поддавливая оптику ИОЛ к радужной оболочке, визуализируют контуры гаптических элементов, поддерживая таким образом весь комплекс, и осуществляют последовательную шовную фиксацию КИКМ транскорнеально к радужке за 2 дужки при помощи изогнутой шовной иглы, причем шов накладывается на расстоянии 2,5–3,5 мм от края зрачка, концы нитей выводятся в парацентез, располагающийся на середине стяжка, а при формировании узла осуществляют его дозированное натяжение с целью формирования широкой петли без излишнего затягивания (см. рис. 1).

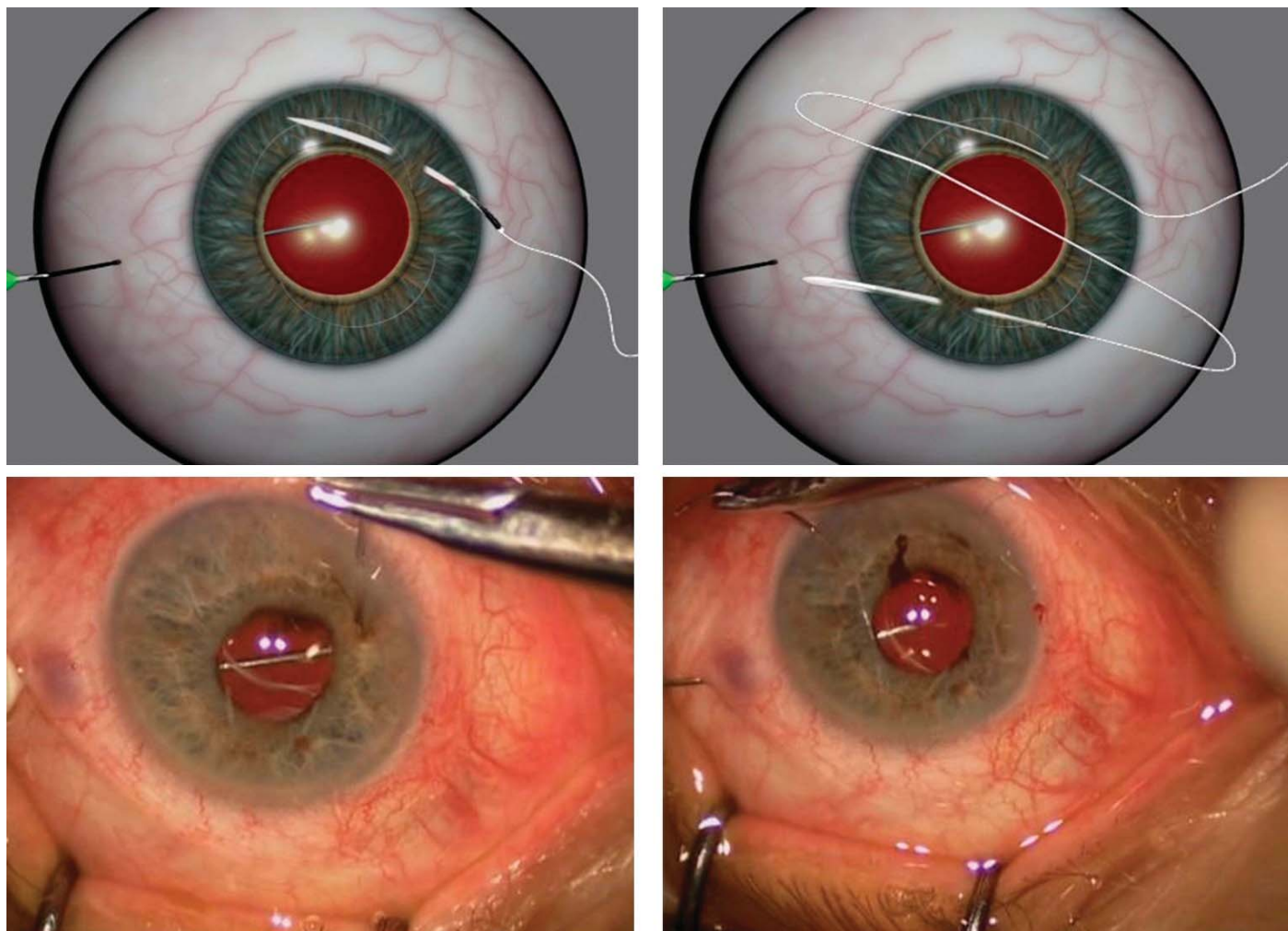
При затруднении определения местоположения гаптических элементов возможна шовная фиксация комплекса за фиброзированные листки капсульного мешка петлями (> 2 мм).

**Тактика 2.** Подшивание ИОЛ к радужной оболочке в сочетании с различными манипуляциями, направленными на частичное/полное удаление фиброза капсульного мешка. У пациентов данной группы выполнялись следующие виды вмешательств:

- подшивание КИКМ на опорной игле + хирургическое удаление вторичной катаракты / иссечение фимоза передней капсулы / частичная витрэктомия;
- подшивание ИОЛ к радужке + удаление капсульного мешка;
- подшивание ИОЛ к радужке + удаление капсульного мешка + удаление хрусталиковых масс.

**Подшивание КИКМ на опорной игле + хирургическое удаление вторичной катаракты / иссечение фимоза передней капсулы / частичная витрэктомия.** Более выраженные фиброзные изменения переднего или заднего листка капсулы без изменения положения ИОЛ внутри капсульного мешка вследствие контракционного воздействия, наряду с фиксацией КИКМ, требовали иссечения фиброзированной передней/задней капсулы, а при наличии грыжи стекловидного тела (ГСТ) — выполнения дополнительно передней витрэктомии.

Репозиция ИОЛ, дислоцированной вместе с фиброзированным капсульным мешком, осуществляется путем шовной фиксации блока «ИОЛ — капсульный мешок» к радужке со стороны задней камеры. В проекции плоской части цилиарного тела устанавливают порт 25G, через ко-



**Рис. 1.** Техника шовной фиксации на опорной игле 30G  
**Fig. 1.** Technique for suture fixation on a 30G abutment needle

торый вводят витреотом, которым центрируют комплекс, затем, поддавливая его вверх, визуализируют контуры опорных элементов на радужке, накладывают транскорнеальный шов на один опорный элемент, а во время наложения шва на второй опорный элемент производят временную жесткую фиксацию второго опорного элемента с помощью иглы. Для этого выполняют транскорнеальный вкол шовной иглой, схватывание иглой опорного элемента и неполный выкол — дистальный и проксимальный конец иглы оставили снаружи глаза.

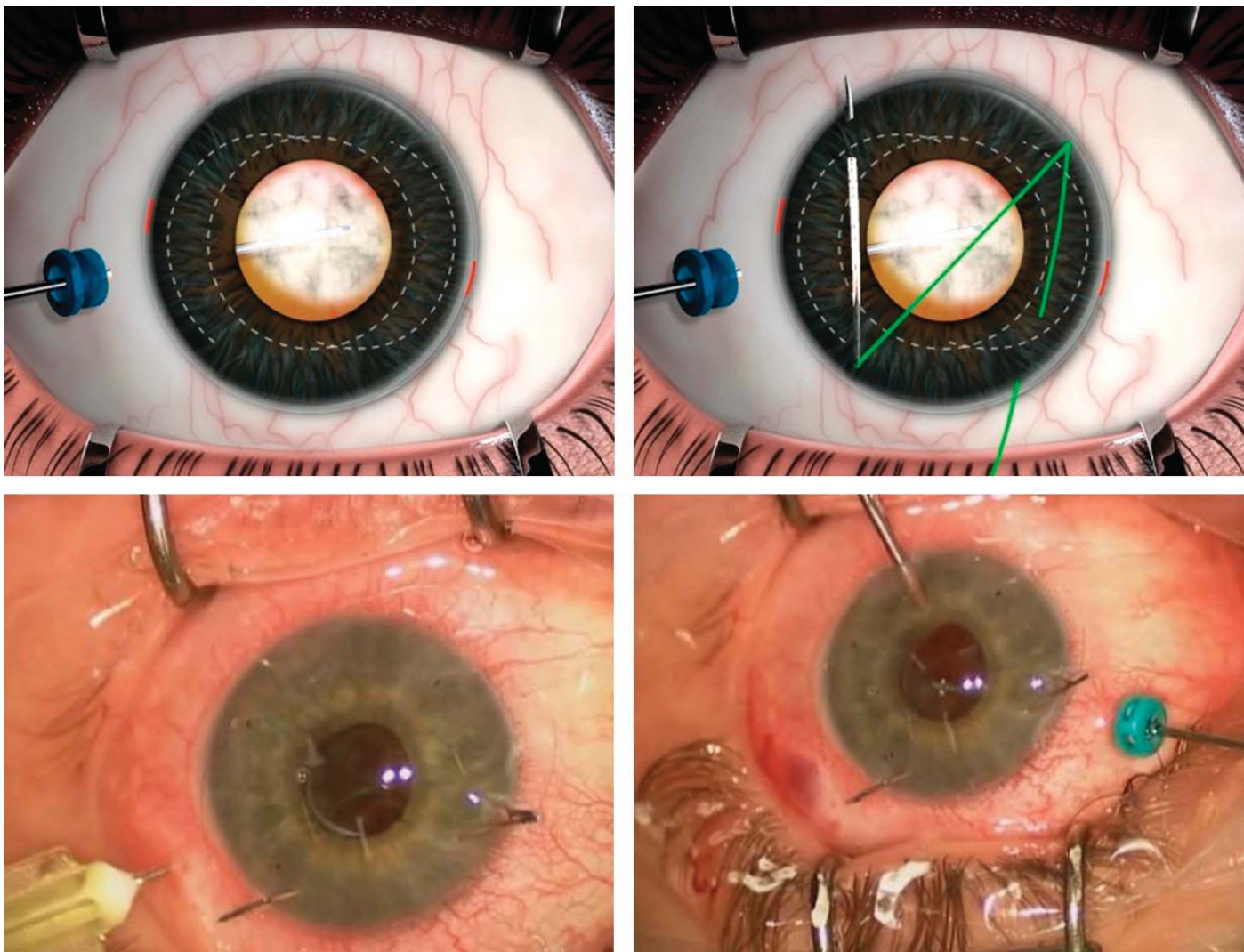
Таким образом, КИКМ временно фиксируется шовной иглой транскорнеально, что позволяет проводить дальнейшие манипуляции с фибрированными тканями капсульного мешка, используя все преимущества бимануальной техники.

После этого подводят режущее отверстие наконечника витреотома к фибрино-измененным тканям задней капсулы и иссекают их. Те же манипуляции при необходимости проводят с передней капсулой, вводя витреотом в переднюю камеру через парацентез, при этом подачу раствора BSS для поддержания нормотонуса глаза осуществляют через парацентез. Завершив удаление фиброзных тканей капсульного мешка, выводят наконечник витреотома, удаляют порт, затем полностью выкалывают из роговицы атравмати-

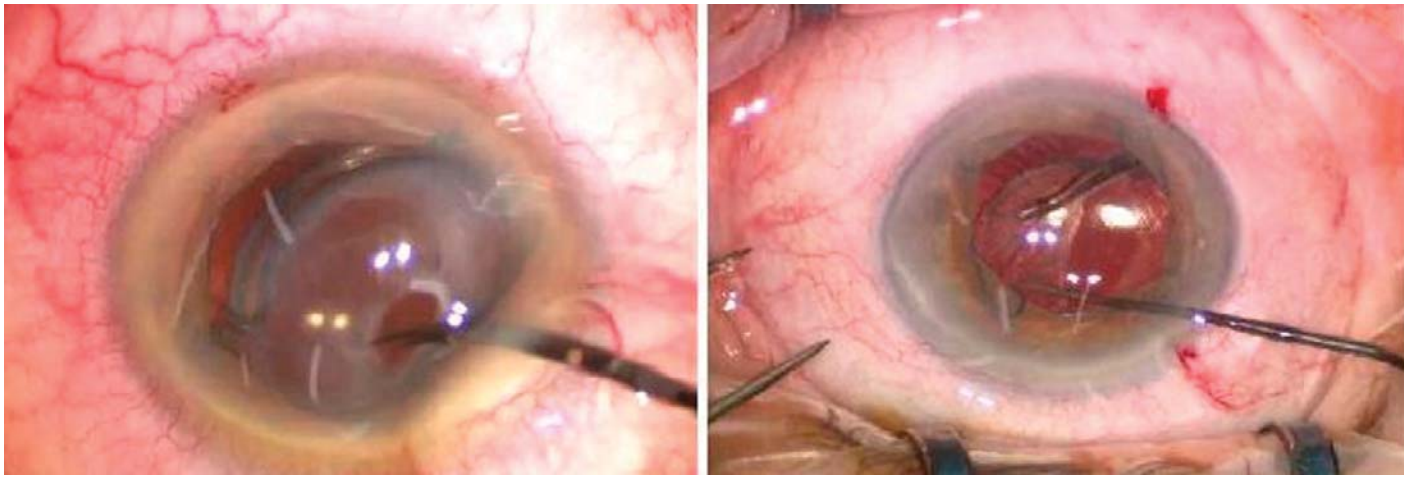
ческую иглу, рассекают нить, проходящую снаружи между швами, и фиксируют каждый опорный элемент к радужке при помощи узлов (рис. 2).

*Подшивание ИОЛ к радужке + удаление капсульного мешка.* Данное вмешательство применяется при клинических проявлениях, характерных для классического контрактного фиброза капсульного мешка, фимозе отверстия переднего капсулорексиса, приводящего к фронтальному наклону ИОЛ, завороту гаптических элементов до оптического центра, в сочетании с разрушением зонулярной связки (рис. 3).

Принцип метода заключается в полном освобождении ИОЛ от фибрино-измененных тканей капсульного мешка. Для этого осуществляется постановка четырехугольного зрачкового ретрактора («кольцо Б.Э. Малюгина»), облегчающего выведение КИКМ в переднюю камеру, а также выполняющего опорно-каркасную функцию при манипуляциях с тканями капсульного мешка. После полного удаления измененных тканей капсульного мешка осуществляется подшивание ИОЛ к радужной оболочке, причем ретрактор во время подшивания остается в зрачке, позволяя четко визуализировать прикорневую ресничную часть радужки, оставляя интактным зрачковый край для сохранения диафрагмальной функции и правильной формы зрачка (см. рис. 3).



**Рис. 2.** Техника хирургического удаления фибрированной задней капсулы  
**Fig. 2.** Technique for surgical removal of the fibrous posterior capsule



**Рис. 3.** Состояние переднего отрезка глаза при выраженном ККС. Фимоз капсулорексиса, загиб гаптических элементов, фронтальный наклон оптики ИОЛ  
**Fig. 3.** The state of the anterior segment of the eye with severe contraction capsular syndrome (CCS). Phimosis of capsulorhexis, bending of haptic elements, frontal tilt of IOL optics

Вариант замены монолитной гидрофильной/гидрофобной ИОЛ на 3-частную модель с дальнейшей шовной фиксацией к радужной оболочке после удаления фиброзных тканей капсульного мешка осуществлялся при невозможности обеспечить внутрикапсульное положение ИОЛ при шовной фиксации к радужке из-за риска развития вторичной глаукомы, а также UGH-синдрома.

*Подшивание ИОЛ к радужке + удаление капсульного мешка + удаление хрусталиковых масс.* Клинические проявления, соответствующие предыдущему методу лечения, а также наличие массивного кольца Земмеринга с риском выхода из экватора капсульного мешка во время шовной фиксации к радужной оболочке с нарушением архитектоники всего КИКМ требовало дополнительного выделения и удаления имеющихся экваториальных хрусталиковых масс.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Функциональные показатели (максимально корригируемая острота зрения и ВГД) в основной группе, которая включала пациентов с шовной фиксацией КИКМ к радужной оболочке на опорной игле, представлены на рисунке 4 и в таблице 2.

Как показывают данные таблицы 2, некорректируемая острота зрения (НКОЗ) увеличилась более чем в 2 раза, средний прирост максимально корригируемой остроты зрения (МКОЗ) составил 26% в раннем и 30% в отсроченном послеоперационном периоде по отношению к уровню до операции. Показатели ВГД в послеоперационном периоде в среднем демонстрировали тенденцию к снижению.

Функциональные показатели (МКОЗ и ВГД) у пациентов с шовной фиксацией КИКМ к радужной оболочке на опорной игле с дополнительными манипуляциями на капсульном мешке, направленными на частичное либо полное иссечение измененных тканей, представлены на рисунке 5.

В таблице 3 представлены функциональные показатели (НКОЗ, МКОЗ и ВГД) в группе пациентов, у которых одновременно с шовной фиксацией производилось дозированное иссечение фиброзных тканей капсульного мешка.

В этой группе пациентов НКОЗ увеличилась на 70%, средний прирост МКОЗ по сравнению с дооперационными показателями составил 33% в раннем и 36% в отсроченном послеоперационном периоде. Средние значения ВГД

в послеоперационном периоде демонстрировали тенденцию к снижению.

Нами выделены наиболее часто встречающиеся клинические признаки при сочетанном механизме дислокации КИКМ, включающем слабость связочного аппарата и фиброзирование капсульного мешка при различной степени выраженности каждого из этих факторов, а также определена частота их выявления (табл. 4).

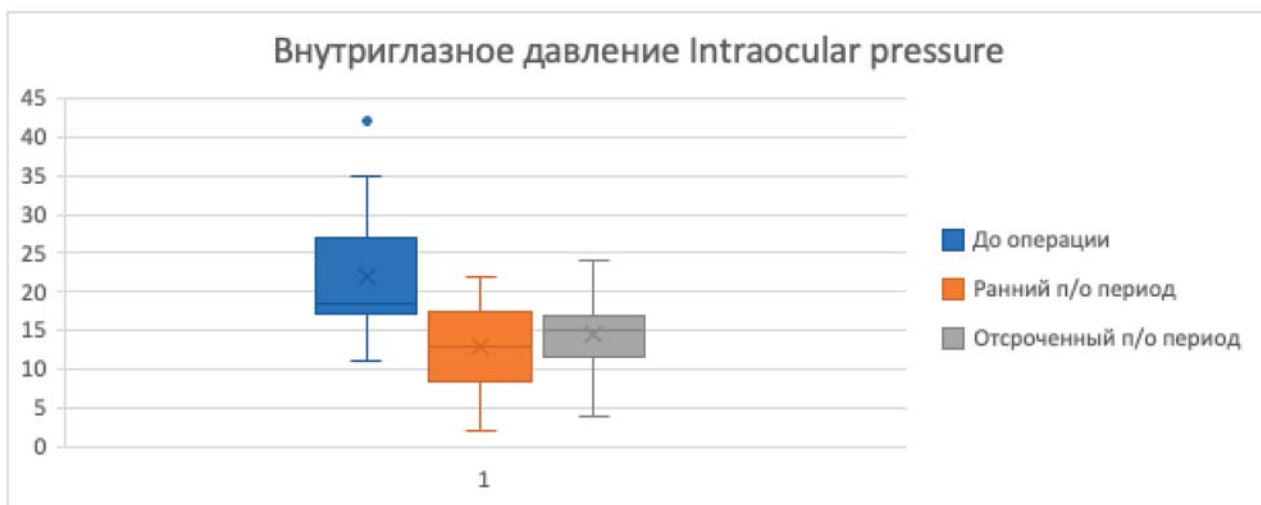
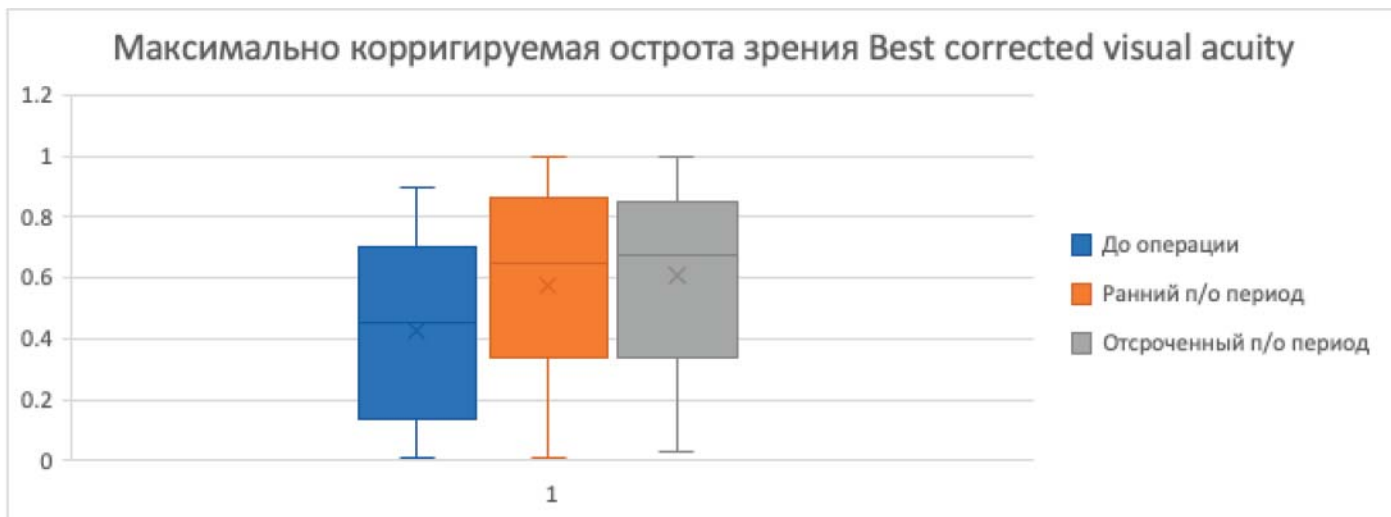
Анализ данных признаков показал, что их можно рассматривать в качестве критериев, позволяющих структурировать клиническую симптоматику. Объединение наиболее часто встречающихся признаков в единую структуру диагностических критериев дает возможность стандартизировать диагностический этап с точки зрения практической методологии, а также использовать совокупность определенных критериев как относительные показания к выбору адекватного метода лечения.

На основании полученных результатов предлагаем выделить следующие основные клинические критерии: целостность цинновой связки; проявление фиброза капсульного мешка (фимоз переднего капсулорексиса, фиброз задней капсулы); фиброз, вызывающий изменение правильного положения ИОЛ (фронтальный наклон ИОЛ, заворот гаптических элементов до оптической зоны), наличие грыжи стекловидного тела (ГСТ; кольцо Земмеринга с высоким риском выхода хрусталиковых масс).

Выбор определенной тактики в зависимости от сочетания предлагаемых критериев схематично представлен в таблице 5.

## ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время основным принципом лечения дислокации КИКМ в сочетании с фиброзными изменениями капсульного мешка является анатомическое восстановление положения КИКМ, причем используются различные методы фиксации к склере и радужной оболочке [10–13]. Рассматривая методы склеральной фиксации дислоцированного КИКМ, нужно отметить, что отсутствие визуализации цилиарной борозды, а также варибельность ее локализации создают риски непредсказуемого положения гаптических элементов и, как следствие, нарушения положения ИОЛ. D. Berler, M. Friedberg [14] после склеральной



**Рис. 4.** Функциональные показатели группы, где применялась тактика 1: подшивание КИКМ к радужной оболочке на опорной игле  
**Fig. 4.** Functional parameters of patients treated with suture fixation on a 30G abutment needle (tactics 1) before surgery (blue colour), in early postoperative period (orange colour), late postoperative period (grey colour)

фиксации ИОЛ в цилиарную борозду по результатам ультразвуковой биомикроскопии задней камеры обнаружили, что анатомическая точность достигается лишь в 55–73% случаев. Анализ причин неправильного положения ИОЛ выявил изменчивость проекции цилиарной борозды на склере и отличный от прямого угол прокола склеры иглой.

Предлагаемая технология шовной фиксации дислоцированного КИКМ к радужной оболочке является малоинвазивной, технически простой и надежной. Нужно также отметить, что в отсроченном послеоперационном периоде (4–6 лет) у пациентов обеих групп наблюдалось стабильное положение ИОЛ без случаев повторной дислокации. Улучшение функциональных показателей, а также отсутствие значимого влияния на ВГД позволяют говорить об эффективности и безопасности данной технологии.

На основании анализа частоты выявления (с учетом достоверности различий) клинических и анатомических

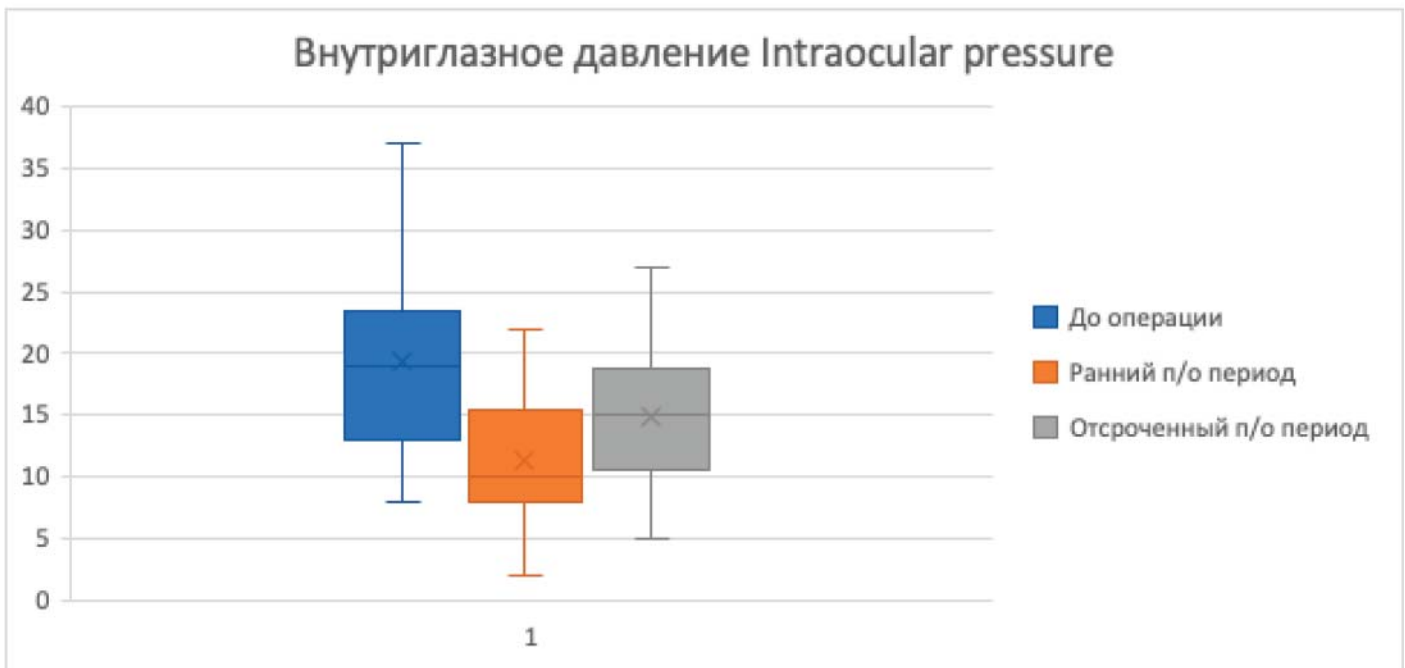
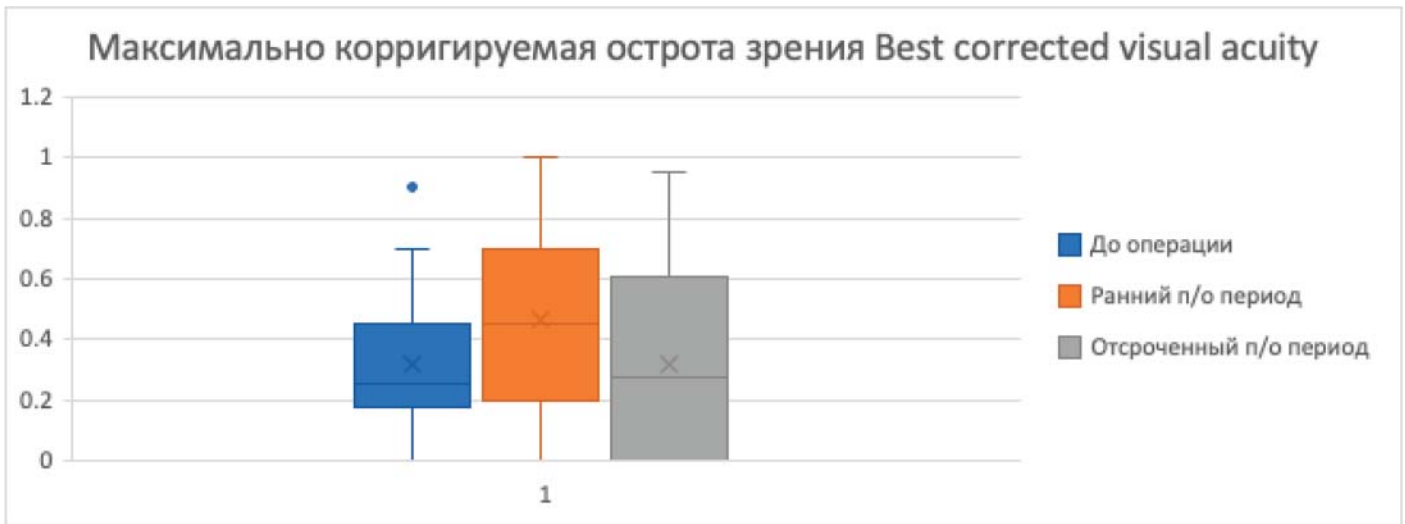
**Таблица 2.** Тактика 1. Функциональные показатели в различные сроки наблюдения (M ± σ), n = 26

**Table 2.** Tactics 1: functional indicators at different observation periods (M ± σ), n = 26

Сроки наблюдения Periods of observation	НКОЗ NCVA	МКОЗ BCVA	ВГД IOP
До оперативного лечения Before surgery	0,21 ± 0,03	0,42 ± 0,05	22,5 ± 1,9
Ранний послеоперационный период Early postoperative period	0,28 ± 0,03	0,57 ± 0,06	13,0 ± 1,1
Отдаленный послеоперационный период Late postoperative period	0,30 ± 0,05	0,60 ± 0,06	14,4 ± 0,8

признаков (критериев) у пациентов с дислокацией КИКМ можно заключить, что:

- локализация фиброза незначительно влияет на выбор тактики лечения;
- большое значение имеет выраженность фиброза, т. е. изменений структуры соединительной ткани капсульного мешка;
- степень дислокации имеет лишь качественное значение, определяющее общую целесообразность хирургии;



**Рис. 5.** Функциональные показатели группы, где применялась тактика 2: подшивание ИОЛ к радужной оболочке в сочетании с манипуляциями, направленными на частичное или полное удаление фиброза капсульного мешка

**Fig. 5.** Functional parameters of patients treated with IOL suture fixation on the iris in combination with manipulations aimed to partially or total removal of capsule bag fibrosis before surgery (blue colour), in early postoperative period (orange colour), late postoperative period (grey colour)

— наличие, выраженность и протяженность кольца Земмеринга, а также определенный риск выхода из экватора капсульного мешка с дальнейшим попаданием в витреальную полость требуют в некоторых случаях его удаления и различных тактических подходов.

С учетом статистической достоверности различий можно определить предложенные критерии как значимые для выбора тактики хирургического лечения пациентов со смешанным типом дислокации комплекса «ИОЛ — фиброзированный капсульный мешок». Патогенетически фиброзные изменения при ККС начинаются с передней капсулы хрусталика за счет клеточного полиморфизма и становят-

**Таблица 3.** Тактика 2. Функциональные показатели пациентов в разные сроки наблюдения ( $M \pm \sigma$ ),  $n = 24$

**Table 3.** Tactics 2: functional indicators at different observation periods ( $M \pm \sigma$ ),  $n = 24$

Сроки наблюдения Periods of observation	НКОЗ NCVA	МКОЗ BCVA	ВГД IOP
До оперативного лечения Before surgery	$0,14 \pm 0,03$	$0,32 \pm 0,04$	$19,2 \pm 1,7$
Ранний послеоперационный период Early postoperative period	$0,21 \pm 0,02$	$0,48 \pm 0,05$	$11,3 \pm 1,1$
Отдаленный послеоперационный период Late postoperative period	$0,20 \pm 0,03$	$0,50 \pm 0,05$	$14,9 \pm 1,1$

ся клинически значимыми, когда снижают прозрачность оптических сред, нарушают топографию оптики ИОЛ либо приводят к загибу гаптических элементов, поэтому в опре-



**Таблица 4.** Частота (%) выявления признаков при дислокации КИКМ на дооперационном этапе  
**Table 4.** The frequency (%) of the occurrence of signs of dislocation of the IOL — fibrosed capsular bag complex at the preoperative stage

Признак Feature	Градация признака Feature gradation	Тактика операции Surgery tactics		Достоверность различий Reliability of differences
		T 1 n = 26	T 2 n = 24	
Локализация фиброзных изменений Localization of fibrotic changes	Передняя капсула Anterior capsule	73,1	50	p > 0,05
	Задняя капсула Posterior capsule	7,7	12,5	p > 0,05
	Смешанная Combined	15,4	37,5	p > 0,05
Вариант проявления фиброза Variants of fibrosis manifestation	Единичные уплотнения края капсулорексиса Single compaction of the edge of capsulorhexis	80	8,3	p < 0,001
	Уплотнение капсулорексиса по всей площади контакта с оптикой ИОЛ Sealing of capsulorhexis over the entire area of contact with the IOL optics	—	75	p < 0,001
	Дополнительные складки передней капсулы Additional folds of the anterior capsule	—	12,5	p < 0,05
	Фиброз всего листка капсулы Fibrosis of the entire capsule leaf	20	4,1	p > 0,05
Дислокация по Lorente Dislocation (according R. Lorente)	I стадия I stage	23,1	8,3	p > 0,05
	II стадия II stage	73,1	91,6	p > 0,05
	III стадия III stage	3,8	—	p > 0,05
Кольцо Земмеринга Soemmering's ring	Незначительное Minor	96,2	50	p < 0,001
	Умеренное Moderate	3,8	45,8	p < 0,001
	Выраженное Severe	—	4,1	p > 0,05

деленных случаях требуют частичного или полного удаления измененных тканей из оптической зоны.

Важной особенностью капсульного мешка является определенная прочность капсульных листков, которые подверглись процессу фиброза, что позволяет осуществлять их прокол иглой при шовной фиксации к радужной оболочке без риска распространения разрыва от места прокола, как это бывает во время первичной хирургии при ФЭ. Данное свойство позволяет фиксировать КИКМ к радужной оболочке без риска его донеза за счет эластичности и упругости измененной ткани капсульного мешка.

Определенное значение имеет наличие кольца Земмеринга, его размер и протяженность, так как, во-первых, его наличие увеличивает размер и массу всего КИКМ, а также меняет профиль передней поверхности комплекса, что имеет значение при конгруэнтности радужной оболочки и поверхности пигментного листка. Однако фиксация широкими петлями (> 2 мм) позволяет исключить компрессию ткани капсульного мешка с созданием странгуляционного вала вокруг гаптического элемента и исключает чрезмерный контакт КИКМ и пигментного листка радужки. Интраоперационно после удаления фиброзно-измененных участков передней капсулы нужно учитывать, имеется ли риск выхода хрусталиковых масс из экватора мешка с нарушением его архитектоники. В случаях иссечения большей части передней капсулы необходимо выделить и удалить данные хрусталиковые массы с целью минимизации риска их дальнейшего выхода в переднюю камеру либо в витреальную полость.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложены малоинвазивные методы хирургического лечения пациентов с дислокацией комплекса КИКМ, которые обладают надежностью и технической простотой: 1) подшивание КИКМ к радужной оболочке с поддержкой иглой 30G со стороны задней камеры; 2) подшивание ИОЛ к радужной оболочке в сочетании с различными манипуляциями на капсульном мешке (направленными на частичное/полное удаление фиброзной ткани). На основании статистического анализа частоты выявления клинико-инструментальных признаков предложены критерии, используемые для выбора адекватной хирургической тактики, определение которых возможно на дооперационном этапе: целостность цинновой связки; проявление фиброза капсульного мешка (фимоз переднего капсулорексиса, фиброз задней капсулы); влияние изменения структуры капсульного мешка на правильное положение ИОЛ (фронтальный наклон ИОЛ, заворот гаптических элементов до оптической зоны); наличие ГСТ; наличие кольца Земмеринга с высоким риском выхода хрусталиковых масс.

## Литература/References

1. Паштаев Н.П., Сусликов С.В. Отдаленные результаты 1000 операций удаления катаракты с имплантацией комбинированной ИОЛ. Офтальмохирургия. 1997; 2: 20–4. [Pashtaev N.P., Suslikov S.V. Long-term results of 1000 cataract surgery with implantation of a combined IOL. Ophthalmohirurgiya. 1997; 2: 20–4 (in Russian)].
2. Joo C.K., Shin J.A., Kim J.H. Capsular opening contraction after continuous curvilinear capsulorhexis and intraocular lens implantation. J. Cataract. Refract. Surg. 1996; 22 (5): 585–90. doi:10.1016/S0886-3350(96)80014-9

**Таблица 5.** Выбор тактики хирургического лечения в зависимости от предоперационных критериев  
**Table 5.** Choice of surgical treatment tactics depending on preoperative criteria

Предоперационные критерии Preoperative criteria		T 1*	T 2**		
			T 2–1	T2–2	T2–3
Сохранность связочного аппарата Integrity of the ligamentous apparatus	Да Yes				
	Нет No	✓	✓	✓	✓
Проявление фиброза капсульного мешка Manifestation of capsular bag fibrosis	Фимоз переднего капсулорексиса Phimosis of anterior capsulorhexis	Да Yes	✓	✓	✓
		Нет No	✓		
	Фиброз задней капсулы Posterior capsule fibrosis	Да Yes		✓	✓
		Нет No	✓		
Влияние фиброзных изменений на положение ИОЛ The impact of fibrotic changes on the IOL position	Фронтальный наклон или децентрация Frontal tilt or decentration	Да Yes		✓	✓
		Нет No	✓	✓	
	Заворот гаптических элементов Inversion of haptic elements	Да Yes			✓
		Нет No	✓	✓	
Наличие грыжи стекловидного тела Prolapse of the vitreous body	Да Yes		✓		
	Нет No	✓		✓	
Кольцо Земмеринга с риском выхода хрусталиковых масс из экватора Soemmering's ring with the risk of lens masses release the equator	Да Yes				
	Нет No	✓	✓	✓	

**Примечание.** \* — тактика 1 (T 1): подшивание КИКМ к радужной оболочке на опорной игле без манипуляций с капсульным мешком; \*\* — тактика 2 (T 2): подшивание ИОЛ к радужной оболочке в сочетании с различными манипуляциями на капсульном мешке, направленными на частичное/полное удаление фиброзной ткани: разновидность вмешательства (T 2–1): подшивание КИКМ на опорной игле и хирургическое удаление вторичной катаракты, или иссечение фимоза передней капсулы, и/или частичная витрэктомия; разновидность вмешательства (T 2–2): подшивание ИОЛ к радужке и удаление капсульного мешка; разновидность вмешательства (T 2–3): подшивание ИОЛ к радужке и удаление капсульного мешка и хрусталиковых масс.  
**Note.** \* — tactics 1 (T 1): suturing the IOL — fibrosed capsular bag complex to the iris on the support needle without manipulation of the capsular bag; \*\* — tactics 2 (T 2): suturing the IOL to the iris in combination with various manipulations on capsular bag aimed to partly/total excision of fibrous tissue: intervention variant (T 2–1): suturing the IOL — fibrosed capsular bag complex to the iris on the support needle and surgical extraction of secondary cataract or excision of anterior capsule fibrosis and/or partial vitrectomy; intervention variant (T 2–2): suturing the IOL to the iris and capsular bag removal; intervention variant (T 2–3): suturing the IOL to the iris and the removal of capsular bag and lens masses.

- Raviv T. The perfectly sized capsulorhexis. J. Cataract. Refract. Surg. 2009; 4: 37–41.
- Hansen S.O., Crandall A.S., Olson R.J. Olson. Progressive constriction of the anterior capsular opening following intact capsulorhexis. Cataract. Refract. Surg. 1993; 1 (19): 77–82. doi: 10.1016/s0886-3350(13)80287-8
- Davison J.A. Capsule contraction syndrome. J. Cataract Refract. Surg. 1993; 19 (5): 582–9. doi: 10.1016/S0886-3350(13)80004-1
- Малюгин Б.Э., Шацких А.В., Головин А.В. К вопросу о клинико-морфологических аспектах формирования контрактуры капсульного мешка при артрафии. Офтальмохирургия. 2010; 2: 45–50. [Malyugin B.E., Shachikh A.V., Golovin A.V. On the question of clinical and morphological aspects of the formation of capsular bag contracture in case of artifact. Ophthalmic surgery. 2010; 2: 45–50 (in Russian)].
- Bhattacharjee H., Bhattacharjee K., Dipankar D. Pathology and immunohistochemistry of capsular bag in spontaneously late dislocated capsular bag-intraocular lens complex. Indian J. Ophthalmol. 2017; 65 (10): 949–54. doi: 10.4103/ijo.IJO\_790\_16
- Lorente R. de Rojas M.V. Luxacion tardia del complejo saco capsular y lente intraocular. Sociedad Espanola de Oftalmologia. 2008; 2: 1751–67.
- Apple D.J. Surgical prevention of posterior capsule opacification. J. Cataract Refract Surg. 2000; (26): 180–97.
- Hoffman R.S., Fine I.H., Packer M. Scleral fixation without conjunctival dissection. J. Cataract Refract. Surg. 2006; 11 (32): 1907–12. doi: 10.1016/j.jcrs.2006.05.029
- Szurman P., Petermeier K., Aisenbrey S., Spitzer M.S., Jaissle G. B. Z-suture: a new knotless technique for transscleral suture fixation of intraocular implants. Br. J. Ophthalmol. 2010; 2 (94): 167–9. doi: 10.1136/bjo.2009.162180
- Кожухов А.А., Капранов Д.О., Казакова М.В. Наш опыт фиксации заднекамерной ИОЛ после факоэмульсификации катаракты, осложненной нарушением капсульной поддержки хрусталика. Клинические случаи. Российский офтальмологический журнал. 2018; 2 (11): 54–7. [Kozhuhov A.A., Kapranov D.O., Kazakova M.V. Our experience of fixation of the posterior chamber IOL after phacoemulsification of cataract complicated by a violation of the capsular support of the lens. Clinical cases. Russian ophthalmological journal. 2018; 2 (11): 54–7 (in Russian)]. doi: 10.21516/2072-0076-2018-11-2-54-57
- Soiberman U., Pan Q., Daoud Y. et al. Iris suture fixation of subluxated intraocular lenses. Am. J. Ophthalmol. 2015; 159: 353–9. doi: 10.1016/j.ajo.2014.11.009
- Berler D., Friedberg M.A. Scleral fixation of posterior chamber intraocular lens implants combined with vitrectomy. Trans Am. Ophthalmol. Soc. 1991; 89: 215–28; discussion 228–34.

**Вклад авторов в работу:** В.Н. Никитин — сбор данных, написание текста, подбор иллюстративного материала; Д.И. Иванов — научное консультирование, редактирование статьи, окончательное одобрение текста для опубликования.

**Authors' contribution:** V.N. Nikitin — data collection, writing of the text, selection of illustrative material; D.I. Ivanov — scientific consulting, editing of the article, final approval of the article for publication.

*Поступила: 14.02.2022. Переработана: 30.03.2022. Принята к печати: 02.04.2022*

*Originally received: 14.02.2022. Final revision: 30.03.2022. Accepted: 02.04.2022*

#### **ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

*АО ЕЦ МНТК «Микрохирургия глаза», ул. Академика Бардина, д. 4а,  
Екатеринбург, 620149, Россия*

**Владимир Николаевич Никитин** — врач-офтальмохирург II хирургического отделения

**Дмитрий Иванович Иванов** — д-р мед. наук, заведующий II хирургическим отделением, врач-офтальмохирург

**Для контактов:** Владимир Николаевич Никитин,  
wladimir.dok@gmail.com

*IRTC Eye Microsurgery Ekaterinburg Center, 4A, A. Bardina St.,  
Ekaterinburg, 620149, Russia*

**Vladimir N. Nikitin** — ophthalmic surgeon of II surgical department

**Dmitry I. Ivanov** — Dr. of Med. Sci., head of II surgical department

**Contact information:** Vladimir N. Nikitin,  
wladimir.dok@gmail.com

<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-115-120>



# Сравнительное исследование клеточного транспорта в эндотелии роговицы глаза свиньи и человека

Г.С. Батурина<sup>1</sup>, Л.Е. Каткова<sup>1</sup>, И.М. Кузеина<sup>2</sup>, И.Г. Пальчикова<sup>2, 3</sup>, Е.И. Соленов<sup>1, 2, 4</sup>, И.А. Исаков<sup>5</sup> ✉

<sup>1</sup> ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения РАН», пр-т акад. Лаврентьева, д. 10, Новосибирск, 630090, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВПО «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», ул. Пирогова, д. 2, Новосибирск, 630090, Россия

<sup>3</sup> ФГБУН «Конструкторско-технологический институт научного приборостроения Сибирского отделения РАН», ул. Русская, д. 41, Новосибирск, 630058, Россия

<sup>4</sup> ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», пр-т Карла Маркса, д. 20, Новосибирск, 630073, Россия

<sup>5</sup> Новосибирский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, ул. Колхидская, д. 10, Новосибирск, 630096, Россия

**Цель работы** — исследовать основные характеристики транспортных механизмов клеток эндотелия роговицы человека и свиньи: водную проницаемость, активацию транспорта натрия из клетки после консервации и способность клеток к восстановлению объема при активации транспортных механизмов клеток эндотелия при температуре 37°C. **Материал и методы.** Эксперименты проводили на переживающей культуре клеток эндотелия роговицы человека и свиньи. Изменения объема клетки определяли методом, основанным на эффекте гашения флуоресцентного красителя Calcein белками цитоплазмы. Внутриклеточную концентрацию ионов натрия в клетках определяли с помощью флуоресцентного красителя Sodium Green. Динамику восстановления клеточного объема и внутриклеточной концентрации ионов натрия изучали при изменении температуры среды с 20 до 37°C. Осмотическую водную проницаемость клеток эндотелия определяли по скорости изменения объема клетки при смене осмоляльности омывающей среды с гипертонической (560 мОсм/кг H<sub>2</sub>O) на изотоническую (280 мОсм/кг H<sub>2</sub>O). **Результаты.** Установлено, что осмотическая водная проницаемость плазматической мембраны клеток эндотелия роговицы человека значительно выше, чем у свиньи  $P_f$  ( $1,90E-01 \pm 4,66E-02$  и  $1,31E-01 \pm 1,16E-02$  см/с соответственно;  $p < 0,01$ ,  $n = 17$ ). Выведение ионов натрия при восстановлении температуры до 37°C происходит в клетках человека более интенсивно, чем в клетках свиньи ( $-3,2E-3 \pm 3,1E-4$  с<sup>-1</sup> и  $-6,5E-4 \pm 1,2E-5$  с<sup>-1</sup> соответственно;  $p < 0,01$ ,  $n = 6$ ). Исследование снижения объема клеток, вызванного тепловой активацией клеточного транспорта, показало, что восстановление объема эндотелиоцитов у человека ( $-1,7E-4 \pm 5,5E-5$  с<sup>-1</sup>,  $n = 9$ ) происходит медленнее, чем у свиньи ( $-1,7E-3 \pm 4E-4$  с<sup>-1</sup>,  $n = 4$ ,  $p < 0,05$ ). **Заключение.** При использовании в экспериментальном исследовании эндотелия роговицы свиньи как модели эндотелия человека необходимо учитывать существенные различия параметров, определяющих регуляцию клеточного объема.

**Ключевые слова:** эндотелий роговицы; гипотермическая консервация; внутриклеточный натрий

**Конфликт интересов:** отсутствует.

**Прозрачность финансовой деятельности:** никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Работа поддержана бюджетным проектом № FWNR-2022-0019 и грантом Российского фонда фундаментальных исследований № 20-015-00147, 19-08-00874.

**Для цитирования:** Батурина Г.С., Каткова Л.Е., Кузеина И.М., Пальчикова И.Г., Соленов Е.И., Исаков И.А. Сравнительное исследование клеточного транспорта в эндотелии роговицы глаза свиньи и человека. Российский офтальмологический журнал. 2022; 15 (2) (Приложение): 115-20. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-115-120>

# A comparative study of endothelial cell transport in pig and human cornea

Galina S. Baturina<sup>1</sup>, Liubov E. Katkova<sup>1</sup>, Irina M. Kuseina<sup>2</sup>, Irina G. Palchikova<sup>2, 3</sup>, Evgeny I. Solenov<sup>1, 2, 4</sup>, Igor A. Iskakov<sup>5</sup> ✉

<sup>1</sup> Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 10 Lavrentyev Avenue, Novosibirsk, 630090, Russia

<sup>2</sup> Novosibirsk State University, 2, Pirogova, Novosibirsk, 630090, Russia

<sup>3</sup> Technological Design Institute of Scientific Instrument Engineering, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 41, Russkay St., Novosibirsk, 630058, Russia

<sup>4</sup> Novosibirsk State Technical University, 20, Karl Marx Avenue, Novosibirsk, 630073, Russia

<sup>5</sup> S. Fyodorov Eye Microsurgery Clinic, Novosibirsk Branch, 10, Kolkhidskaya St., Novosibirsk, 630096, Russia  
i.iskakov@mntk.nsk.ru

**Purpose.** To study the basic transport characteristics of human and pig corneal endothelial cells, including osmotic water permeability, activation of sodium transport from the cell after conservation, and the ability of the cells to restore their volume when transport mechanisms of the endothelial cells are activated at 37°C. **Material and methods.** The experiments were held on the primary cell culture of human and pig cornea endothelia. Changes in cell volume were determined by a method based on quenching of Calcein fluorescence probe by the cytosol proteins. Changes in intracellular sodium ion concentration were studied using Sodium Green as a fluorescent probe. Restoration dynamics of cell volume and intracellular sodium concentration were studied under medium temperature changes from 20 to 37°C. Osmotic water permeability was calculated from the rate of cell volume changes under medium osmolality decreasing from 560 to 280 mOsm/kg H<sub>2</sub>O. **Results.** It was established that human endothelial cells plasma membrane has a significantly higher osmotic water permeability than pig endothelial cells ( $P_f = 1.90E-01 \pm 4.66E-02$  and  $1.31E-01 \pm 1.16E-02$  cm/s, respectively;  $p < 0.01$ ,  $n = 17$ ). Human cells after the temperature restored to 37°C, sodium ions removal from human cells occurs more intensely than from pig cells ( $-3.2E-3 \pm 3.1E-4$  c<sup>-1</sup> u  $-6.5E-4 \pm 1.2E-5$  s<sup>-1</sup>, respectively;  $p < 0.01$ ,  $n = 6$ ). The study of cell volume drop has shown that heat activation of cellular transport restores the endothelial cell volume in humans more slowly ( $-1.7E-4 \pm 5.5E-5$  c<sup>-1</sup>,  $n = 9$ ) than that of pig cells ( $-1.7E-3 \pm 4E-4$  s<sup>-1</sup>,  $n = 4$ ,  $p < 0.05$ ). **Conclusion.** When using the endothelium of pig cornea as an experimental model of human endothelium, we need to take into account the significant difference in parameters that determine cell volume regulation.

**Keywords:** corneal endothelium; hypothermic conservation; intracellular sodium

**Conflict of interests:** there is no conflict of interests.

**Financial disclosure:** no author has a financial or property interest in any material or method mentioned. The study was supported by the budget project No. FWNR-2022-0019 and a Russian Foundation for Basic Research grant No. 20-015-00147, 19-08-00874.

**For citation:** Baturina G.S., Katkova L.E., Kuseina I.M., Palchikova I.G., Solenov E.I., Iskakov I.A. A comparative study of endothelial cell transport in pig and human cornea. Russian ophthalmological journal. 2022; 15 (2) (supplement): 115-20 (In Russian). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-115-120>

Роговица является наружным преломляющим оптическим элементом глаза, который обеспечивает проведение видимого света до сетчатки. Роговица состоит из трех основных слоев: наружного, содержащего эпителий, среднего стромального слоя и внутреннего слоя эндотелиальных клеток. Строма образует основную часть структурного каркаса роговицы и составляет примерно 80–85% ее толщины. Она состоит из регулярно расположенных коллагеновых фибрилл и межфибрилярного пространства, содержащего гликозаминогликаны. Нарушение содержания воды в строме (в норме ~78% веса) изменяет степень гидратации коллагеновых волокон, что является критическим для прозрачности роговицы [1, 2]. При нарушении прозрачности роговицы наиболее распространенным методом восстановления зрения является кератопластика. В настоящее время усилия исследователей направлены на решение проблемы риска дисфункции трансплантата. Развиваются новые способы высокоточных разрезов тканей донора и реципиента с помощью фемтосекундных импульсных лазеров, усовершенствуются методы хранения и консервации ткани. Для исследования воздействия условий консервации на функ-

ции клеток эндотелия используют экспериментальную модель, в качестве которой в настоящее время часто используют роговицу свиньи.

В глазу осмотический баланс стромы роговицы определяется динамическим равновесием выведения и поступления воды и осмолитов. Эти процессы часто описывают с помощью так называемого механизма Pump-Leak транспорта осмолитов и воды. Поступление воды в строму (leak) происходит пассивно в силу проницаемости эндотелия для воды и осмолитов и благодаря градиенту осмотического давления между стромой и жидкостью в передней камере глаза. Удаление воды из стромы (pump) обусловлено Na, K-АТФазой и системой, включающей транспорт HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> и Cl<sup>-</sup>, а также активностью карбоангидраз [3]. Оба процесса определяются молекулярными механизмами клеток эндотелия роговицы. Эндотелий (задний эпителий) роговицы, представляющий собой монослой гексагональных клеток на внутренней поверхности роговицы, является одной из наиболее метаболически активных тканей организма. Показано, что клетки эндотелия роговицы человека заблокированы в G1-фазе клеточного цикла и по этой причине не проходят митоти-

ческое деление. Клетки эндотелия роговицы поляризованы, апикальная и базолатеральная плазматические мембраны различаются по составу экспрессируемых транспортных механизмов [4]. Апикальная поверхность обращена в переднюю камеру глаза, содержит хлоридные и водные каналы AQP1 [5]. Базолатеральная поверхность обращена к десцеметовой мембране и содержит механизмы активного энергозависимого транспорта, в частности Na, K-ATPase [2]. В глазу поступление воды в строму зависит от проницаемости клеток эндотелия для воды при условии целостности монослоя, а насосная функция определяется интенсивностью энергозависимого транспорта в этих клетках [6, 7].

В качестве материала для трансплантации используют препараты донорской роговицы из глазных банков, где они исследуются на пригодность к трансплантации и затем хранятся в консервационной среде при пониженной температуре (холодовая консервация) [8]. Нарушение механизма регуляции осмотического баланса роговицы влияет на возможность ее использования при разных видах кератопластики. При холодной консервации водно-электролитный обмен в клетках эндотелия остановлен, поскольку определяется транспортными механизмами клеток, которые подавлены при пониженной температуре. Остановка насосной функции эндотелия приводит к установлению осмотического равновесия ткани со средой консервации и сопровождается набуханием препарата. Для улучшения результатов трансплантации становится важным восстановление нормального объема донорской роговицы (десвеллинг), процесс, который зависит от восстановления насосной функции клеток эндотелия и сохранения их барьерных свойств. Исследование фундаментальных характеристик транспортных механизмов клеток эндотелия роговицы человека и свиньи необходимо для наиболее адекватного понимания экспериментальных результатов, полученных на модели, и их использования при разработке более совершенных методов консервации.

**ЦЕЛЬ** работы — исследовать основные характеристики транспортных механизмов клеток эндотелия роговицы человека и свиньи: водную проницаемость, активацию транспорта натрия из клетки после консервации и способность клеток к восстановлению объема при активации транспортных механизмов клеток эндотелия при температуре 37°C.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

*Культура клеток и микроскопия.* Исследовали влияние гипотермической консервации роговицы свиньи и человека на способность эндотелиоцитов восстанавливать внутриклеточную концентрацию натрия ( $[Na^+]_i$ ) после прекращения гипотермии. Фрагменты роговицы человека в виде трепанированных дисков получали в процессе выполнения сквозной кератопластики у пациентов с кератоконусом. Препараты роговицы свиньи (*sus scrofa domesticus*) получали трепанацией через 6–8 ч после забоя животных. Диски роговицы помещали в чашки Петри, заполненные культуральной средой L-15 Leibovitz (Sigma, США). Препараты роговицы свиньи и человека находились в консервационной среде Eusol-C (Alchimia, Италия) 2 сут при 4°C. Переживающую культуру клеток эндотелия роговицы получали переносом клеток на покровное стекло. С этой целью фрагмент роговицы инкубировали в растворе коллагеназы (1 мг/мл Collagenase, Sigma (США) в PBS при 37°C, 30 мин), затем делали отпечаток эндотелия на покровное стекло, покрытое полилизинем (Poly-L-lysine solution 0,1% (w/v) H<sub>2</sub>O, Sigma, США). Таким методом получали препарат клеток эндотелия, обращенных базальной стороной в сторону омывающего раствора.

Экспериментальная установка представляла собой проточную камеру, разработанную для использования с флуоресцентным микроскопом Observer-Z1 (объектив Fluor 20x/0,75 M27, Zeiss, Германия). Объем камеры составлял около 50 мкл, скорость протекания раствора — 25 мл/мин, смена омывающего раствора происходила в течение 100 мс, поддерживаемая температура — 36,8 ± 0,2°C. Флуоресцентный сигнал клеток записывали с помощью фотосенсора Hamamatsu H7827-011, используя набор фильтров и дихроическое зеркало № 009 (Zeiss, Германия). Регистрацию сигнала проводили с помощью цифрового осциллографа «АКТАКОМ АСК-3102» с интервалом 10 мс на протяжении всего эксперимента при низкой интенсивности возбуждающего света, что позволяло избежать выгорания флуорофора во время эксперимента. Сигнал регистрировали с дигитализацией 8 бит и сохраняли на компьютере.

*Измерение динамики концентрации внутриклеточного натрия и оценка клеточного объема.* Активность ионов натрия в клетках  $[Na^+]_i$  определяли флуориметрическим методом с помощью флуоресцентного красителя Sodium Green (Molecular Probes, США). Клетки инкубировали в среде L-15 Leibovitz с конечной концентрацией Sodium Green TA 10<sup>-5</sup>М (40 мин, 37°C). Стекла с клетками помещали в камеру флуоресцентного микроскопа и проводили измерения согласно протоколу [9].

Для изучения изменений объема клетки применяли метод, основанный на эффекте гашения флуоресцентного красителя Calcein белками цитоплазмы [10]. Загрузка клеток красителем производилась в среде L-15 Leibovitz с конечной концентрацией Calcein AM (Sigma, Германия) 10 мкМ, DMSO 1%. Время инкубации — 15 мин при 37°C.

В ходе эксперимента по оценке динамики восстановления клеточного объема клетки находились при температуре 20°C, затем температуру повышали до 37°C. Экспериментальные записи изменения флуоресценции нормировали по амплитуде и для оценки скорости изменения как внутриклеточного натрия, так и клеточного объема находили коэффициент линейной регрессии начального участка кривой флуоресценции.

Для измерения водной проницаемости клеток эндотелия регистрировали динамику изменения объема клетки при смене осмоляльности омывающей среды с гипертонической (560 мОсм/кг H<sub>2</sub>O) на изотоническую (280 мОсм/кг H<sub>2</sub>O). На основании полученных коэффициентов линейной регрессии флуоресценции Calcein рассчитывали величину осмотической водной проницаемости ( $P_r$ ), как это описано нами ранее [11].

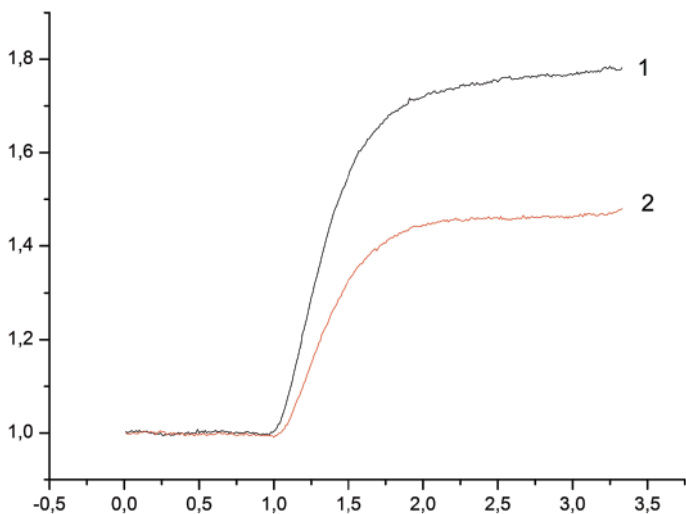
*Статистическая обработка.* Для интенсивности флуоресценции рассчитывали среднее значение, дисперсию и стандартную ошибку среднего. Достоверность различий определяли с применением t-критерия.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Осмотический баланс стромы роговицы определяется динамическим равновесием выведения и поступления воды и осмолитов. Эти процессы можно описывать с помощью так называемого механизма Pump-Leak транспорта осмолитов и воды. Скорость поступления воды в строму (leak) определяется величиной градиента осмотического давления между ней и жидкостью в передней камере глаза и осмотической водной проницаемостью клеток эндотелия для воды. Межклеточный поток воды через плотные соединения, по видимому, незначителен [12]. Из результатов экспериментов по изменению клеточного объема при быстром (< 0,1 с) снижении осмотического давления окружающей среды сле-

дует, что водная проницаемость плазматической мембраны клеток эндотелия роговицы человека значительно выше, чем у свиньи  $P_f$  (см/с) ( $1,90E-01 \pm 4,66E-02$ ;  $1,31E-01 \pm 1,16E-02$ ;  $t = 3,93187$ ;  $p = 5,9E-4$ ;  $n=17$ ) (рис. 1).

В глазу насосная функция определяется интенсивностью энергозависимого транспорта в клетках эндотелия роговицы. Удаление воды из стромы (pump) обусловлено выведением главным образом ионов натрия Na/K-АТФазой [6, 7]. В клетках эндотелия роговицы апикальная и базолатеральная плазматические мембраны различаются по составу



**Рис. 1.** Динамика возрастания клеточного объема клеток эндотелия роговицы при снижении осмоляльности среды с 560 до 280 мОсм/кг  $H_2O$ : 1 — человека; 2 — свиньи. Типичные профили относительной флуоресценции Calcein (F/F0). Оси: абсцисс — секунды; ординат — относительная флуоресценция (F/F0)

**Fig. 1.** Swelling dynamics of corneal endothelial cells after decreasing osmolality of the medium from 560 to 280 mOsm/kg  $H_2O$ : 1 — human; 2 — pig. Typical profiles of relative fluorescence of Calcein (F/F0). Axis: abscises — seconds; ordinates — relative fluorescence (F/F0)

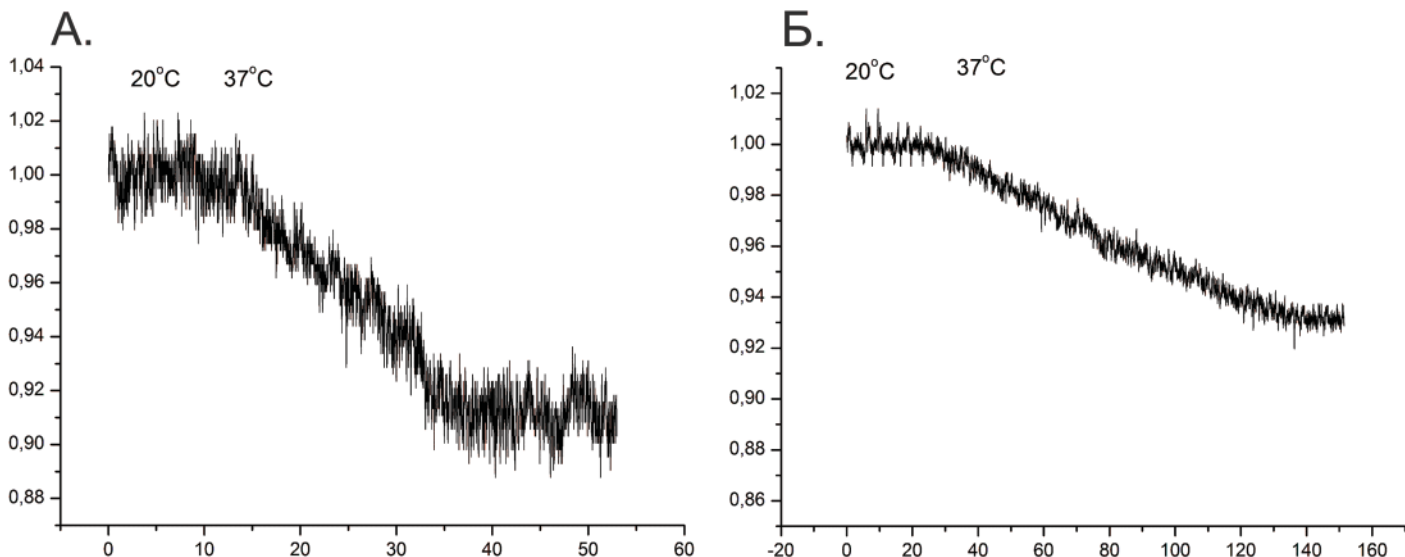
экспрессируемых транспортных механизмов [4]. Энергозависимый транспорт ионов натрия преимущественно осуществляется молекулярными механизмами клеток эндотелия роговицы на базолатеральной поверхности клеток, что позволяет использовать культуру клеток эндотелия, обращенную базолатеральной поверхностью к омывающей среде. Изменения активности внутриклеточного натрия определяли в условных единицах как величину относительной флуоресценции красителя Sodium Green (F/F0) при линейной аппроксимации начального, близкого к линейному, участка профиля флуоресценции (человек  $-3,2E-3 \pm 3,1E-4 c^{-1}$ ), (свинья  $-6,5E-4 \pm 1,2E-5 c^{-1}$ ) ( $t = 8,2$ ;  $p < 0,01$ ) ( $n = 6$ ). Полученные результаты позволяют предположить, что в клетках эндотелия человека выведение ионов натрия при восстановлении температуры до  $37^\circ C$  происходит более интенсивно, чем в клетках свиньи. Повышение температуры с  $20$  до  $37^\circ C$  активирует Na/K-АТФазу, что запускает интенсивное выведение ионов натрия из клеток (рис. 2).

Эксперименты с температурной активацией насосной активности клеток эндотелия позволили сделать заключение, что кинетика этого процесса отражает интегральную эффективность насосной функции эндотелия (рис. 3).

Исследование снижения объема клеток, вызванного тепловой активацией клеточного транспорта и определяемого как изменение относительной флуоресценции красителя Calcein (F/F0) в клетках эндотелия роговицы с начальной скоростью снижения, позволяет предположить, что восстановление объема эндотелиоцитов у человека ( $-1,7E-3 \pm 4E-4 c^{-1}$ ,  $n = 9$ ) происходит медленнее, чем у свиньи ( $-1,7E-4 \pm 5,5E-5 c^{-1}$ ,  $n = 4$ ,  $p < 0,05$ ).

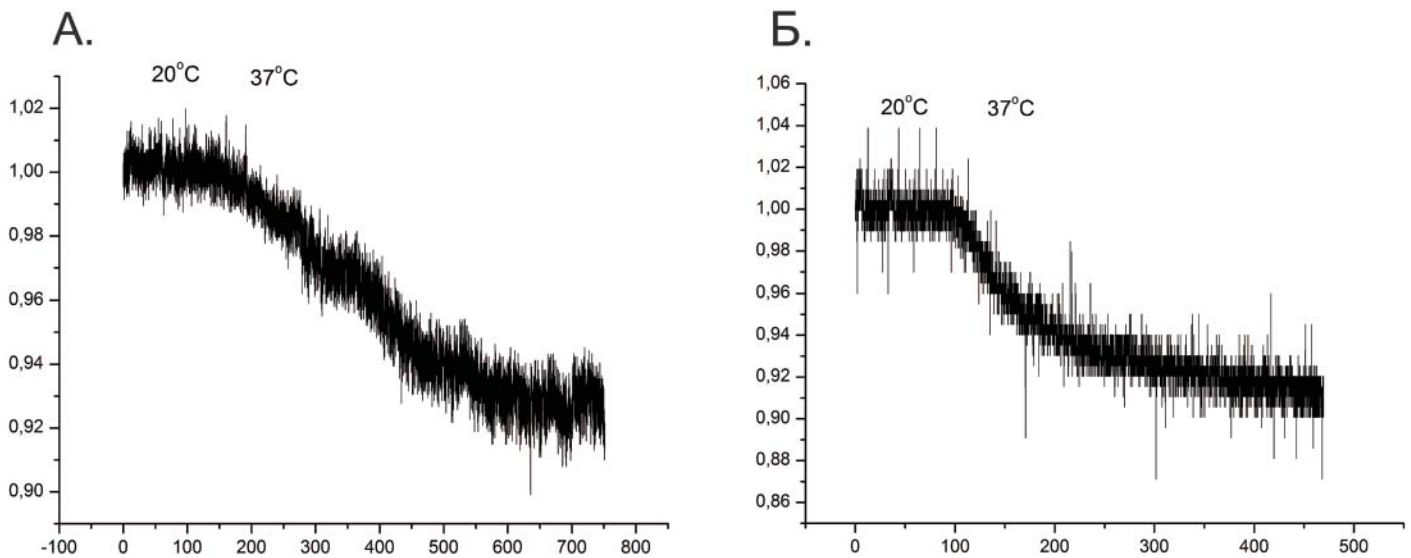
## ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты позволяют заключить, что при использовании в экспериментальном исследовании эндотелия роговицы свиньи как модели эндотелия человека необходимо учитывать существенные различия параметров, определяющих регуляцию клеточного объема. В охлажденной, деполяризованной клетке устанавливается равновес-



**Рис. 2.** Динамика снижения внутриклеточной концентрации ионов натрия в клетках эндотелия роговицы при повышении температуры среды с  $20$  до  $37^\circ C$ : А — человека; Б — свиньи. Типичные профили относительной флуоресценции Sodium Green (F/F0). Оси: абсцисс — секунды; ординат — относительная флуоресценция (F/F0)

**Fig. 2.** Decreasing dynamics of intracellular sodium concentration in corneal endothelial cells after increasing temperature of the medium from  $20$  to  $37^\circ C$ : А — human; Б — pig. Typical profiles of relative fluorescence of SodiumGreen (F/F0). Axis: abscises — seconds; ordinates — relative fluorescence (F/F0)



**Рис. 3.** Снижение объема клеток эндотелия роговицы при повышении температуры среды с 20 до 37°C: А — человека; Б — свиньи. Типичные профили относительной флуоресценции Calcein (F/F<sub>0</sub>). Оси: абсцисс — секунды; ординат — относительная флуоресценция (F/F<sub>0</sub>)

**Fig. 3.** Decreasing of cellular volume of corneal endothelial cells after increasing temperature of the medium from 20 to 37°C: А — human; Б — pig. Typical profiles of relative fluorescence of Calcein (F/F<sub>0</sub>). Axis: abscises — seconds; ordinates — relative fluorescence (F/F<sub>0</sub>)

ная со средней концентрацией ионов, которая значительно выше нормальных уровней, характерных для живой клетки. Такое повышение концентрации ионов в клетке формирует осмотический градиент, что вызывает поступление воды и повышение клеточного объема. Основным источником энергии для векторного транспорта ионов через плазматическую мембрану является Na/K-АТФаза, создающая градиент электрохимического потенциала натрия, что является вторичным источником энергии для многих транспортных процессов в клетке и выполнения клетками насосной функции (pump) [6, 7]. При пониженной температуре Na/K-АТФаза не активна. В настоящей работе мы исследовали динамику снижения концентрации внутриклеточного натрия в результате выведения его ионов из клетки при повышении температуры среды. Поскольку повышение температуры до 37°C вызывает активацию Na/K-АТФазы, исследование динамики выхода натрия из клетки может быть показателем восстановления насосной функции клеток.

Результаты нашего исследования позволили оценить скорость выведения ионов натрия по профилю флуоресценции специфического для натрия флуоресцентного красителя Sodium Green. Скорость снижения концентрации внутриклеточного натрия значительно меньше в клетках эндотелия свиньи, чем в клетках человека, что, по-видимому, следует учитывать при использовании роговицы свиньи в качестве экспериментальной модели. Ранее мы показали, что холодовая консервация в зависимости от длительности снижает интенсивность выведения ионов натрия из клеток эндотелия роговицы, что в сочетании с повышением проницаемости плазматической мембраны для этого иона ведет к установлению более высокого стационарного уровня натрия в клетках эндотелия [13]. Результаты настоящего исследования позволяют предположить, что динамика внутриклеточной концентрации натрия может являться параметром, отражающим функциональную активность насосной функции клеток и степень жизнеспособности эндотелия трансплантата роговицы. Наиболее интегральным показателем восстановления активности механизма регуляции клеточного объема может служить скорость его восстановления после прекращения холодовой консервации. Снижение клеточного объема

в процессе выведения ионов из клетки отражается в снижении флуоресцентного сигнала красителя Calcein. В препарате роговицы, помещенном в изотонический раствор PBS, снижение клеточного объема при повышении температуры с 20 до 37°C в наших экспериментах происходит с начальной скоростью ( $1,7E-3 \pm 4E-4 \text{ c}^{-1}$ , свинья,  $n = 9$ ) ( $-1,7E-4 \pm 5,5E-5 \text{ c}^{-1}$ , человек,  $n = 4$ ,  $p < 0,05$ ), (рис. 3). Более высокая скорость восстановления клеточного объема клеток эндотелия свиньи, наблюдаемая в этих экспериментах, несмотря на менее интенсивное выведение ионов натрия по сравнению с клетками человека, по-видимому, объясняется тем, что в системе pump-leak интенсивность поступления воды в клетку, связанная с более высокой осмотической проницаемостью клеток человека, достаточно высока, чтобы нивелировать эффект от большей скорости выведения натрия.

Результаты исследования интегральной pump-leak-функции эндотелия фрагмента препарата роговицы позволяют говорить о перспективности такого подхода. Эксперименты с температурной активацией насосной активности клеток эндотелия позволяют сделать оценку функциональности образцов с точки зрения их пригодности в качестве трансплантатов. Резюмируя, можно отметить, что высокая скорость в тесте восстановления клеточного объема может указывать на высокое качество образца как материала для трансплантации.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование динамики снижения клеточного объема эндотелия роговицы, содержания внутриклеточного натрия в клетках эндотелия, десвелинга матрикса роговицы при восстановлении функции после холодовой консервации дает объективное представление о транспортной компетентности этих клеток и пригодности консервированной роговицы для трансплантации.

### Литература/References

1. Maurice D.M. The location of the fluid pump in the cornea. *J. Physiol.* 1972; 221 (1): 43–54. doi: 10.1113/jphysiol.1972.sp.009737
2. Bonanno J. A. Molecular mechanisms underlying the corneal endothelial pump. *Exp. Eye Res.* 2012; 95 (1): 2–7. doi: 10.1016/j.exer.2011.06.004
3. Nilsson L.M., Zhang L., Bondar A., et al. Prompt apoptotic response to high



- glucose in SGLT-expressing renal cells. *Am. J. Physiol. Renal Physiol.* 2019; 316: 1078–89. doi: 10.1152/ajprenal.00615.2018
4. *Srinivas S.P.* Dynamic regulation of barrier integrity of the corneal endothelium. *Optom. Vis. Sci.* 2010 Apr; 87 (4): E239–54. doi: 10.1097/OPX.0b013e3181d39464
  5. *Verkman A.S., Ruiz-Ederra J., Levin M. H.* Functions of aquaporins in the eye. *Prog. Retin. Eye Res.* 2008; 27 (4): 420–33. doi: 10.1016/j.preteyeres.2008.04.001
  6. *Hoffmann E.K., Lambert I.H., Pedersen S.F.* Physiology of cell volume regulation in vertebrates. *Physiol. Rev.* 2009; 89 (1): 193–277.
  7. *Wehner F., Shimizu T., Sabirov R., Okada Y.* Hypertonic activation of a non-selective cation conductance in HeLa cells and its contribution to cell volume regulation. *FEBS Lett.* 2003; 551 (1–3): 20–4. doi: 10.1016/s0014-5793(03)00868-8
  8. *Борзенко С.А., Малюгин Б.Э., Гаврилова Н.А., Комах Ю.А., Тонаева Х.Д.* Алгоритм заготовки трупных роговиц человека для трансплантации: Методические рекомендации. Москва: Офтальмология, 2016. [*Borzenok S.A., Maljugin B. Je., Gavrilova N.A., Komah Ju.A., Tonaeva H.D.* Algorithm for harvesting cadaveric human corneas for transplantation: Guidelines. *Oftalmologija.* 2016 (in Russian)].
  9. *Solenov E.I.* Cell volume and sodium content in rat kidney collecting duct principal cells during hypotonic shock. *J. Biophys.* 2008; 2008:420963. <https://doi.org/10.1155/2008/420963>
  10. *Solenov E., Watanabe H., Manley G.T., Verkman A.S.* Sevenfold-reduced osmotic water permeability in primary astrocyte cultures from AQP-4-deficient mice, measured by a fluorescence quenching method. *Am. J. Physiol. Cell Physiol.* 2004 Feb; 286 (2): C426–32. doi: 10.1152/ajpcell.00298.2003
  11. *Ilyashin A.V., Karpov D.I., Medvedev D.A., et al.* Quantitative estimation of transmembrane ion transport in rat renal collecting duct principal cells. *Gen. Physiol. Biophys.* 2014; 33: 13–28. doi: 10.4149/gpb\_2013063
  12. *Kovbasnjuk O.N., Szmulowicz U., Spring K.R.* Regulation of the MDCK cell tight junction. *J. Membr. Biol.* 1998; 161 (1): 93–104. doi: 10.1007/s002329900317
  13. *Батурина Г.С., Пальчикова И.Г., Конев А.А. и др.* Исследование влияния гипотермической консервации на уровень натрия в клетках эндотелия трансплантата роговицы. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018; 22 (4): 433–7. [*Baturina G.S., Palchikova I.G., Konev A.A., et al.* Study of the effect of hypothermic conservation on the intracellular sodium concentration in the endothelium of corneal transplants. *Vavilov journal of genetics and breeding.* 2018; 22 (4): 433–7 (in Russian)]. doi 10.18699/VJ18.379

**Вклад авторов в работу:** Г.С. Батурина, Л.Е. Каткова, И.М. Кузеина, Е.И. Соленов — концепция и дизайн исследования, получение и обработка данных, анализ и интерпретация результатов, написание статьи; И.Г. Пальчикова, И.А. Исаков — концепция и дизайн исследования, анализ и интерпретация результатов, написание статьи, утверждение рукописи для публикации.

**Authors' contribution:** G.S. Baturina, L.E. Katkova, I.M. Kuzeina, E.I. Solenov — concept and design of research, data collection and processing, analysis and interpretation of results, writing of the article; I.G. Palchikova, I.A. Isakov — concept and design of research, analysis and interpretation of results, writing of the article, approval of the manuscript for publication.

Поступила: 04.02.2022. Переработана: 22.02.2022. Принята к печати: 02.03.2022

Originally received: 04.02.2022. Final revision: 22.02.2022. Accepted: 02.03.2022

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

<sup>1</sup> ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения РАН», пр-т акад. Лаврентьева, д. 10, Новосибирск, 630090, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВПО «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», ул. Пирогова, д. 2, Новосибирск, 630090, Россия

<sup>3</sup> ФГБУН «Конструкторско-технологический институт научного приборостроения Сибирского отделения РАН», ул. Русская, д. 41, Новосибирск, 630058, Россия

<sup>4</sup> ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», пр-т Карла Маркса, д. 20, Новосибирск, 630073, Россия

**Галина Сергеевна Батурина** — канд. биол. наук, старший научный сотрудник сектора молекулярной физиологии клетки<sup>1</sup>

**Любовь Евгеньевна Каткова** — канд. биол. наук, научный сотрудник сектора молекулярной физиологии клетки<sup>1</sup>

**Ирина Михайловна Кузеина** — студентка<sup>2</sup>

**Ирина Георгиевна Пальчикова** — д-р техн. наук, доцент, заведующая лабораторией<sup>2,3</sup>

**Евгений Иванович Соленов** — д-р биол. наук, профессор, главный научный сотрудник<sup>1,2,4</sup>

*Новосибирский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК “Микрохирургия глаза” им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, ул. Колхидская, д. 10, Новосибирск, 630096, Россия*

**Игорь Алексеевич Исаков** — д-р мед. наук, заведующий операционным блоком

**Для контактов:** Игорь Алексеевич Исаков,

[i.isakov@mntk.nsk.ru](mailto:i.isakov@mntk.nsk.ru)

<sup>1</sup> Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 10 Lavrentyev Avenue, Novosibirsk, 630090, Russia

<sup>2</sup> Novosibirsk State University, 2, Pirogova, Novosibirsk, 630090, Russia  
<sup>3</sup> Technological Design Institute of Scientific Instrument Engineering, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 41, Russkay St., Novosibirsk, 630058, Russia

<sup>4</sup> Novosibirsk State Technical University, 20, Karl Marx Avenue, Novosibirsk, 630073, Russia

**Galina S. Baturina** — Cand. of Biol. Sci., senior researcher of the department of cell molecular physiology<sup>1</sup>

**Liubov E. Katkova** — Cand. of Biol. Sci., researcher of the department of cell molecular physiology<sup>1</sup>

**Irina M. Kuseina** — student<sup>2</sup>

**Irina G. Palchikova** — Dr. of Techn. Sci., head of laboratory<sup>2,3</sup>

**Evgenii I. Solenov** — Dr. of Biol. Sci., professor, principal Researcher of the department of cell molecular physiology<sup>1,2,4</sup>

*S. Fyodorov Eye Microsurgery Clinic, Novosibirsk Branch, 10, Kolkhidskaya St., Novosibirsk, 630096, Russia*

**Igor A. Isakov** — Dr. of Med. Sci., head of surgery department

**Contact information:** Igor A. Isakov,  
[i.isakov@mntk.nsk.ru](mailto:i.isakov@mntk.nsk.ru)

<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-121-128>



# Структура сосудистого русла и интерстиция сетчатки глаза человека при терминальной стадии первичной открытоугольной глаукомы

Н.П. Бгатова<sup>1</sup>, Н.А. Обанина<sup>1</sup>, А.В. Еремина<sup>2</sup>, А.Н. Трунов<sup>2</sup> ✉, В.В. Черных<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт клинической и экспериментальной лимфологии — филиал ФГБУ «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения РАН», ул. Тимакова, д. 2, Новосибирск, 630060, Россия

<sup>2</sup> Новосибирский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, ул. Колхидская, д. 10, Новосибирск, 630096, Россия

**Цель работы** — изучение структурной организации сосудистого русла сетчатки глаза человека при терминальной стадии первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ). **Материал и методы.** Проведен сравнительный иммуногистохимический анализ содержания сосудов в фрагментах сетчатки глаз пациентов с терминальной стадией ПОУГ, энуклеированных по медицинским показаниям, и увеальной меланомы с использованием маркера эндотелия кровеносных сосудов CD34. Методами электронной микроскопии и морфометрии исследована ультраструктурная организация интерстиция и эндотелиоцитов кровеносных микрососудов сетчатки. **Результаты.** Выявлено статистически значимое увеличение объемной плотности интерстиция и снижение объемной плотности CD34<sup>+</sup>-кровеносных сосудов в сетчатке глаза человека при терминальной стадии ПОУГ по сравнению с увеальной меланомой. Отмечено повышение объемной плотности люминальных и базальных кавеол и образование трансэндотелиальных каналов в цитоплазме эндотелиоцитов кровеносных капилляров сетчатки при терминальной стадии ПОУГ. **Заключение.** При терминальной стадии ПОУГ в сетчатке человека увеличиваются размеры интерстициальных пространств и снижается объемная плотность кровеносных сосудов. Увеличение объемной плотности люминальных и базальных кавеол и образование трансэндотелиальных каналов в цитоплазме эндотелиоцитов кровеносных капилляров свидетельствуют о росте трансцитоза и повышении проницаемости гематоретинального барьера.

**Ключевые слова:** терминальная стадия первичной открытоугольной глаукомы; интерстиций; кровеносные сосуды; эндотелий; ультраструктура

**Конфликт интересов:** отсутствует.

**Прозрачность финансовой деятельности:** никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Исследование проводилось за счет средств государственного задания ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, а также в рамках договоров о научно-практическом сотрудничестве между ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России и Научно-исследовательским институтом клинической и экспериментальной лимфологии — филиалом ИЦиГ СО РАН.

**Для цитирования:** Бгатова Н.П., Обанина Н.А., Еремина А.В., Трунов А.Н., Черных В.В. Структура сосудистого русла и интерстиция сетчатки глаза человека при терминальной стадии первичной открытоугольной глаукомы. Российский офтальмологический журнал. 2022; 15 (2) (Приложение): 121-8. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-121-128>

# The structure of human retinal vasculature and interstitium in the terminal stage of primary open-angle glaucoma

Nataliya P. Bgatova<sup>1</sup>, Natalia A. Obanina<sup>1</sup>, Alena V. Eremina<sup>2</sup>, Aleksandr N. Trunov<sup>2</sup> ✉, Valery V. Chernykh<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Research Institute of Clinical and Experimental Lymphology, branch of the Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2, Timakov St., Novosibirsk, 630060, Russia

<sup>2</sup> S. Fyodorov Eye Microsurgery Clinic, Novosibirsk Branch, 10, Kolkhidskaya St., Novosibirsk, 630096, Russia  
trunov1963@yandex.ru

**Purpose:** to study the structural organization of the vascular bed of human retina in the terminal stage of primary open-angle glaucoma (POAG). **Material and methods.** We performed a comparative immunohistochemical analysis of the content of vessels in the retina of 13 eyes of patients in the terminal stage of POAG, enucleated for medical reasons, and 17 eyes with uveal melanoma, using the markers of blood vessels endothelium CD34. The ultrastructural organization of the interstitium and endothelial cells of retinal microvessels was studied by electron microscopy and morphometry. **Results.** A significant increase in the volume density of the interstitium and a decrease in the volume density of CD34<sup>+</sup>-blood vessels in the retina of patients in the terminal stage of POAG, as compared with uveal melanoma, were revealed. An increased volume density of luminal and basal caveolae and the formation of transendothelial channels in the cytoplasm of endotheliocytes of retinal blood capillaries in the terminal stage of POAG were noted. **Conclusion.** In the terminal stage of POAG, the interstitial spaces of the retina are increased and the volume density of blood vessels is dropping. The increased volume density of luminal and basal caveolae and the formation of transendothelial channels in the cytoplasm of blood capillary endotheliocytes indicate the growth of transcytosis and the permeability of the blood-retinal barrier.

**Keywords:** terminal stage of primary open-angle glaucoma; interstitium; blood vessels; endothelium, ultrastructure

**Conflict of interests:** there is no conflict of interests.

**Financial disclosure:** no author has a financial or property interest in any material or method mentioned. The study was financed by the state program of S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, and conducted within the framework of a cooperation agreement between S. Fyodorov Eye Microsurgery State Institution and the Research Institute of Clinical and Experimental Lymphology.

**For citation:** Bgatova N.P., Obanina N.A., Eremina A.V., Trunov A.N., Chernykh V.V. The structure of human retinal vasculature and interstitium in the terminal stage of primary open-angle glaucoma. Russian ophthalmological journal. 2022; 15 (2) (supplement): 121-8 (In Russian). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-121-128>

Глаукома является ведущей причиной необратимой слепоты в развитых странах мира. Среди широкого спектра факторов риска, влияющих на вероятность развития и прогрессию патологического процесса, таких как возраст, этническое происхождение, семейный анамнез, толщина роговицы, низкое кровяное давление, давление спинномозговой жидкости, внутриглазное давление (ВГД), выделяют и нарушение регуляции сосудистого русла [1].

Сдавление капилляров из-за повышения ВГД вызывает ишемию, которая приводит к нарушению диффузии глюкозы, кислорода, лактата, накоплению активных форм кислорода и факторов, вызывающих гипоксию (HIF-1 $\alpha$ , HIF-2 $\alpha$ ) [2]. Тканевая гипоксия может быть патогенетической основой глаукоматозной нейродегенерации. Клинические данные свидетельствуют о наличии сосудистых аномалий у пациентов с глаукомой, включающих вазоспазм, системную гипотензию, ангиографические дефекты сосудистой перфузии и изменения параметров кровотока, которые могут привести к снижению перфузии сосудов в головке зрительного нерва и сетчатке [3]. Нарушение кровоснабжения сетчатки может отрицательно влиять на выживаемость нейронов и вызывать гибель клеток [4].

Важной особенностью сетчатки при глаукоме является нарушение проницаемости гематоретинального барьера, что может приводить не только к изменению доступности

трофических факторов и повышенному поступлению регуляторных факторов, но и инфильтрации в сетчатку глаза активированных моноцитов и дендритных клеток из кровеносного русла [5, 6].

В то же время данные о структурной организации сосудистого русла сетчатки глаза при глаукоме малочисленны и получены преимущественно в модельных экспериментах [7–9]. Детальное изучение сосудистого русла сетчатки глаза человека могло бы дополнить существующие представления о механизмах развития патологии органа зрения.

**ЦЕЛЬЮ** данного исследования было изучение структурной организации сосудистого русла сетчатки глаза человека при терминальной стадии первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ).

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектами исследования являлись фрагменты сетчатки 13 глаз пациентов, в том числе 10 мужчин и 3 женщин, в возрасте  $69,6 \pm 7,8$  года с терминальной стадией глаукомы, энуклеированных по медицинским показаниям.

Длительность течения ПОУГ от момента постановки диагноза составляла 10–18 лет, данные клинко-офтальмологического обследования соответствовали терминальной стадии глаукомы. У 4 пациентов более 5 лет назад была проведена антиглаукомная операция. У всех пациентов этой

группы на втором глазу выявлялись признаки развитой (9 пациентов) или далеко зашедшей стадии глаукомы (4 пациента). Пациенты не наблюдались у офтальмологов и в качестве консервативного лечения использовали монотерапию препаратами, входящими в группу бета-блокаторов, с отрицательной приверженностью к лечению.

В группу контроля вошли 17 человек, в том числе 12 мужчин и 5 женщин, в возрасте  $67,4 \pm 6,4$  года с нормальными значениями ВГД и энуклеацией в связи с увеальной меланомой.

В контрольной группе для исследования использовали фрагменты глаза, максимально удаленные от области опухолевого роста. В данных образцах не было клеток воспаления или опухолевых клеток и участков фиброза.

В обеих группах исследовали оптическую часть сетчатки — от диска зрительного нерва до плоской части цилиарного тела и далее до зубчатой линии.

Критериями исключения из обеих исследуемых групп являлись острые заболевания глаз и обострения хронических заболеваний глаз, неоваскулярная глаукома, увеиты различной этиологии и локализации, тотальный гемофтальм, аутоиммунные и опухолевые процессы любой локализации, сахарный диабет I и II типов и диабетическая ретинопатия.

Исследование проведено в соответствии с принципами Хельсинкской декларации всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека», Федеральным законом Российской Федерации от 21 ноября 2011 г. № 323 ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации», а также требованиями Федерального закона от 27.07.2006 № 152-ФЗ (ред. от 21.07.2014) «О персональных данных» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2015). Забор материала осуществляли сотрудники Новосибирского филиала ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России. На проведение исследования получено разрешение биоэтического комитета. Все пациенты дали письменное информированное согласие на исследование биологического материала и использование полученных данных в научных целях.

**Световая микроскопия.** Для светооптического исследования образцы сетчатки фиксировали в 4% растворе параформальдегида ( $\text{pH} = 7,2$ ). После фиксации их промывали проточной водой в течение нескольких часов, затем обезжировали и выдерживали в смеси этанол-ксилол и в чистом ксилоле и заливали в парафин. Парафиновые срезы окрашивали гематоксилином и эозином и с использованием антител. Для иммуногистохимического анализа срезы депарафинизировали и регидратировали, проводили процедуру раскрытия антигена в цитратном буфере ( $\text{pH} 6,0$ ) с использованием микроволновой печи. Далее, после блокирования неспецифического связывания, срезы гибридизировали с первичными поликлональными антителами к маркеру эндотелия кровеносных сосудов CD34 (ab81289, Abcam, Великобритания), затем с соответствующими вторичными поликлональными антителами (ab205718, Abcam, Великобритания), конъюгированными с пероксидазой хрена. После гибридации и трехкратной отмывки фосфатно-солевым буфером срезы контрастировали раствором гематоксилина и заключали в монтирующую среду. Цифровые микрофотографии сетчатки получали на микроскопе Axio Scope. A1 (ZEISS) при помощи CCD камеры AxioCam 512 color (ZEISS) и программного обеспечения ZEN 2,3 (ZEISS) центра коллективного пользования микроскопического анализа биологических объектов СО РАН.

**Трансмиссионная электронная микроскопия.** Фрагменты сетчатки фиксировали в 4% растворе параформальдегида (приготовленном на среде Хенкса), дофиксировали в течение часа в 1% растворе  $\text{OsO}_4$  на фосфатном буфере ( $\text{pH} = 7,4$ ), дегидратировали в этиловом спирте возрастающей концентрации, далее заключали в эпон (Serva, Германия). Из полученных блоков на ультрамикротоме Leica EM UC7 (Leica Microsystems, Германия) готовили полутонкие срезы толщиной 1 мкм и окрашивали их толуидиновым синим. Затем изучали под световым микроскопом LEICA DME (Leica Microsystems, Германия) и выбирали необходимые участки тканей для исследования в электронном микроскопе. Из отобранного материала получали ультратонкие срезы (70–100 нм), контрастировали насыщенным водным раствором уранилацетата и цитратом свинца. Микрофотографии получали с использованием электронного микроскопа JEM 1400 (JEOL, Япония) в Центре коллективного пользования микроскопического анализа биологических объектов СО РАН.

**Морфометрический анализ и статистическая обработка данных.** Морфометрию цифровых микрофотографий проводили с помощью программного обеспечения Image J (Wayne Rasband, США). Анализировали толщину сетчатки и ее слоев. Подсчитывали объемную плотность (VV) интерстиция, ядер в наружном ядерном, внутреннем ядерном и ганглиозном слоях, объемную плотность CD34<sup>+</sup>-кровеносных сосудов на микрофотографиях, суммарная площадь которых в каждом наблюдении составляла не менее 10 полей зрения при увеличении 400. Анализ ультраструктурной организации эндотелиальных клеток кровеносных микрососудов проводили на цифровых микрофотографиях ( $n = 20$  в каждой группе) с помощью открытой тестовой системы с шагом 84,3 нм при увеличении 25 000. Определяли объемные плотности ( $V_V$ ) люминальных и базальных кавеол, свободных везикул, ранних эндосом, мультивезикулярных телец. Вычисляли среднее значение (M) и стандартное отклонение (SD) при использовании программного обеспечения Microsoft Excel (Microsoft, США), проверку нормальности распределения проводили с помощью критериев Shapiro — Wilk. Статистическую значимость различий между исследуемыми параметрами определяли с помощью программного обеспечения Statistica 6.0 (StatSoft, Inc.) с использованием U-критерия Манна — Уитни. Статистически значимыми считали отличия при  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ структуры сетчатки при терминальной стадии ПОУГ показал, что толщина сетчатки на 18% меньше, чем при увеальной меланоме. При этом толщина наружного ядерного слоя снижена на 40% (табл. 1, рис. 1), а объемная плотность ядер в ганглиозном слое уменьшена на 18,1% по сравнению с соответствующими величинами при увеальной меланоме (табл. 2).

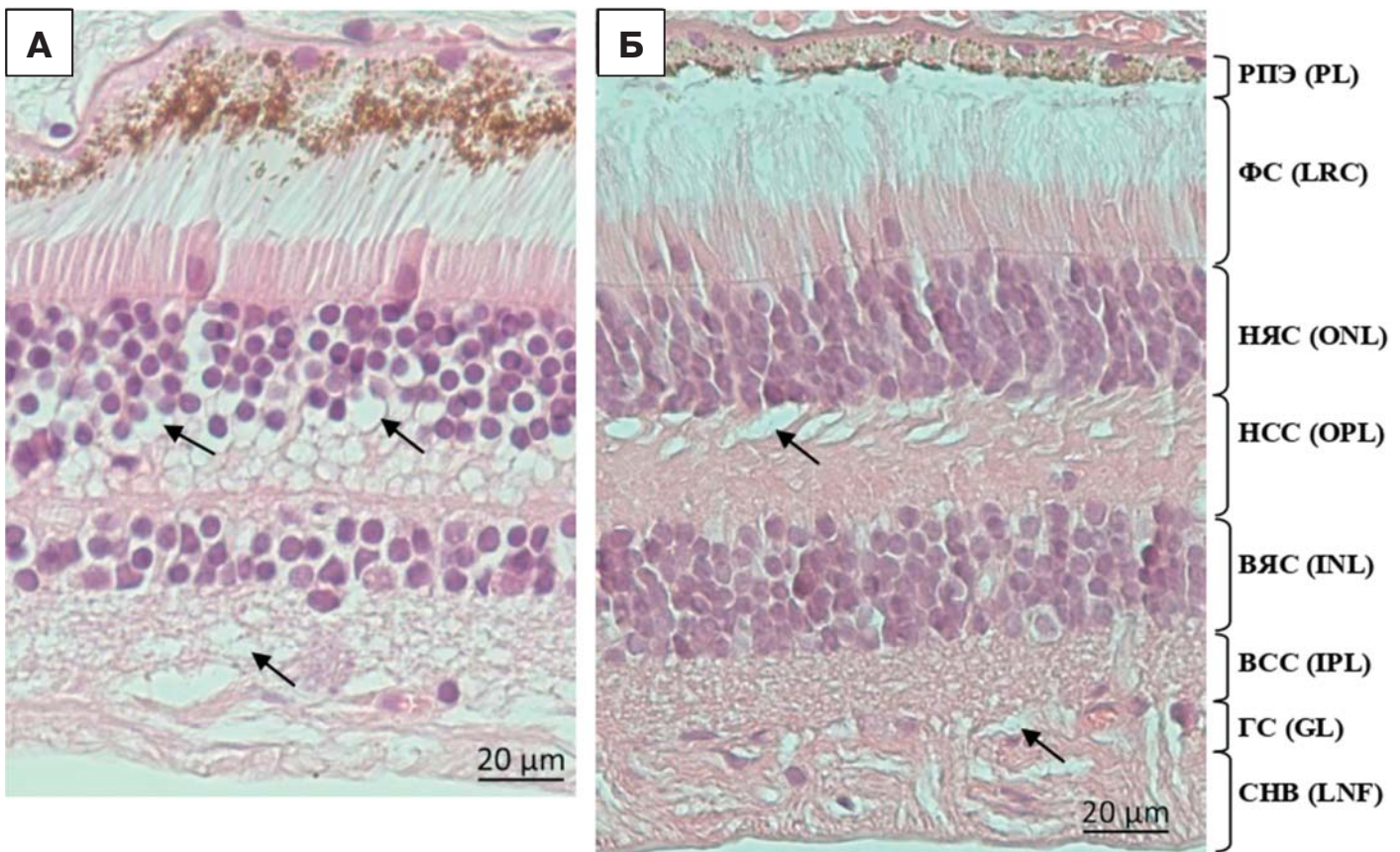
Снижение содержания ядер отмечали во всех слоях сетчатки (рис. 1), однако в связи с отеком и набуханием структурных элементов объемные плотности слоев сетчатки достоверно не изменялись, за исключением наружного ядерного слоя. При этом объемная плотность интерстициальных пространств была на 76% больше, чем при увеальной меланоме (табл. 2). Отмеченные явления отека и набухания сетчатки могли быть связаны с увеличением проницаемости кровеносных сосудов. Это предположение подтверждается данными литературы о повышенном содержании при глаукоме таких биологически активных субстанций, как фактор роста эндотелия сосудов (VEGF), эндотелин-1 (ET-1), фактор, индуцируемый гипоксией (HIF-1), а также эритропо-

**Таблица 1.** Толщина слоев сетчатки при ПОУГ и увеальной меланоме  
**Table 1.** The thickness of the retinal layers in primary open angle glaucoma (POAG) and uveal melanoma

Группа Group	Толщина, мкм Thickness, $\mu\text{m}$								
	Пигментный ретиальный эпителий Pigmented layer	Фоторецепторный слой Layer of rods and cones	Наружный ядерный слой Outer nuclear layer	Наружный сетчатый слой Outer plexiform layer	Внутренний ядерный слой Inner nuclear layer	Внутренний сетчатый слой Inner plexiform layer	Ганглиозный слой Ganglionic layer	Слой нервных волокон Layer of nerve fibres	Общая толщина Total
ПОУГ POAG	$2,8 \pm 2,0$	$32,2 \pm 4,1$	$37,1 \pm 8,5^*$	$19,2 \pm 1,9$	$22,8 \pm 3,8$	$22,8 \pm 2,1$	$11,9 \pm 2,9$	$13,3 \pm 6,6$	$157,0 \pm 5,8^*$
Увеальная меланнома Uveal melanoma	$11,8 \pm 2,8$	$30,1 \pm 2,8$	$52,0 \pm 3,5$	$18,7 \pm 3,2$	$23,5 \pm 6,4$	$21,6 \pm 4,4$	$11,5 \pm 3,6$	$16,4 \pm 5,9$	$192,0 \pm 15,5$

**Примечание.** \* — различия статистически значимы по сравнению с соответствующими величинами в группе с увеальной меланомой,  $p < 0,05$ .

**Note.** \* — differences are statistically significant compared with the corresponding values in the group with uveal melanoma,  $p < 0.05$ .



**Рис. 1.** Сетчатка при ПОУГ (А) и увеальной меланоме (Б). Окраска гематоксилином и эозином.  $\times 400$ . Стрелками отмечены интерстициальные пространства. РПЭ — ретиальный пигментный эпителий, ФС — фоторецепторный слой, НЯС — наружный ядерный слой, НСС — наружный сетчатый слой, ВЯС — внутренний ядерный слой, ВСС — внутренний сетчатый слой, ГС — ганглиозный слой, СНВ — слой нервных волокон  
**Fig. 1.** Human retina in POAG (A) and in uveal melanoma (B). Hematoxylin and eosin staining.  $\times 400$ . Arrows indicate interstitial spaces. PL — pigmented layer, LRC — layer of rods and cones, ONL — outer nuclear layer, OPL — outer plexiform layer, INL — inner nuclear layer, IPL — inner plexiform layer, GL — ganglion layer, LNF — layer of nerve fibres

этина, которые способны повышать проницаемость сосудов и приводить к ангиоспазму [10].

Использование оптической когерентной томографии позволило показать статистически значимое снижение при

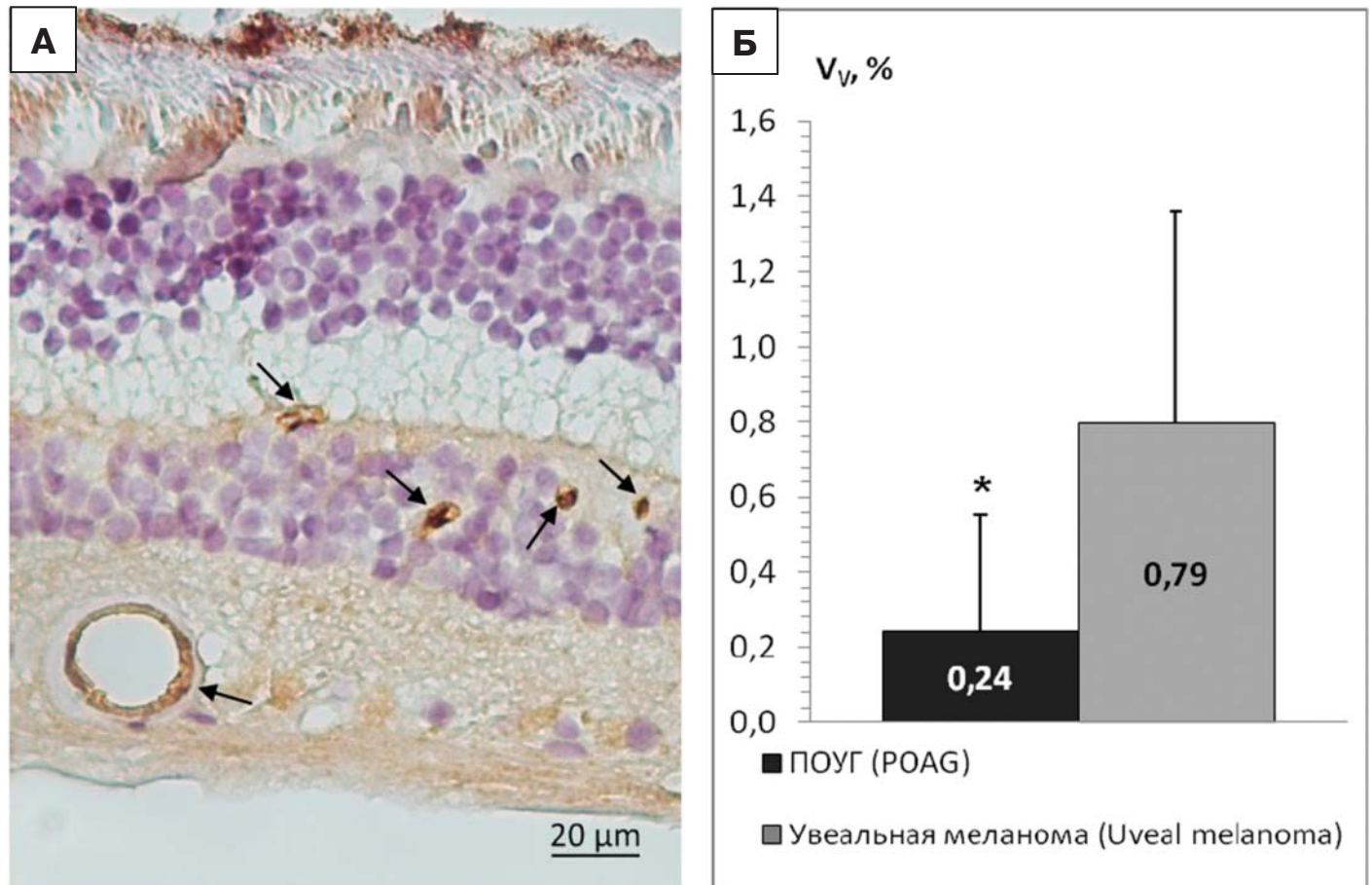
ПОУГ толщины комплекса ганглиозных клеток, включающего внутренний сетчатый, ганглиозный слои, а также слой нервных волокон [11, 12]. Эти изменения, вероятно, связаны с апоптозом ганглиозных клеток, о чем свидетельствуют дан-

**Таблица 2.** Объемная плотность ядер и интерстиция в сетчатке  
**Table 2.** Volume density of nuclei and interstitium in retina

Группа Group	$V_v$ ядер во внутреннем ядерном слое, % $V_v$ of nuclei in a inner nuclear layer, %	$V_v$ ядер в наружном ядерном слое, % $V_v$ of nuclei in a outer nuclear layer, %	$V_v$ ядер в ганглиозном слое, % $V_v$ of nuclei in a ganglionic layer, %	$V_v$ интерстиция в сетчатке, % $V_v$ of interstitium in the retina, %
ПОУГ POAG	$56,54 \pm 8,02$	$63,44 \pm 10,02$	$11,09 \pm 4,44^*$	$24,11 \pm 4,49^*$
Уvealная меланома Uveal melanoma	$56,30 \pm 7,55$	$65,85 \pm 4,09$	$13,54 \pm 3,95$	$5,76 \pm 2,80$

**Примечание.**  $V_v$  — объемная плотность структур; \* — различия статистически значимы по сравнению с соответствующими величинами в группе с увеальной меланомой,  $p < 0,05$ .

**Note.**  $V_v$  — volume density of structures; \* — differences are statistically significant compared with the corresponding values in the group with uveal melanoma,  $p < 0.05$ .



**Рис. 2.** Сосуды сетчатки при ПОУГ. А — CD34<sup>+</sup>-кровеносные сосуды (стрелки). Иммуногистохимическое окрашивание на маркер эндотелиоцитов кровеносных сосудов CD34. ×400; Б — объемная плотность сосудов в сетчатке.  $V_v$  — объемная плотность структур; \* — различия статистически значимы по сравнению с соответствующей величиной при увеальной меланоме,  $p < 0,05$

**Fig. 2.** Human retinal vessels in POAG. А — CD34<sup>+</sup>-blood vessels (arrows). Immunohistochemical staining for vascular endotheliocyte marker CD34. ×400. Б — volume density of blood vessels in the retina.  $V_v$  — volume density of structures; \* — differences are statistically significant compared with the corresponding value in uveal melanoma,  $p < 0.05$

ные литературы [13, 14]. Считается, что при ПОУГ в условиях ишемии и гипоксии в межклеточной жидкости накапливается глутамат и продукты перекисного окисления липидов [10, 15], развивается блокада транспорта нейротрофических факторов к ганглиозным клеткам сетчатки [16, 17], что способствует запуску процессов апоптоза в нейронах сетчатки [1].

Проведенный нами иммуногистохимический анализ позволил выявить различия в количестве CD34<sup>+</sup>-кровеносных сосудов в сетчатке при ПОУГ и увеальной меланоме. Установлено, что объемная плотность CD34<sup>+</sup>-

кровеносных сосудов в сетчатке при терминальной стадии ПОУГ на 70% меньше, чем при увеальной меланоме (рис. 2).

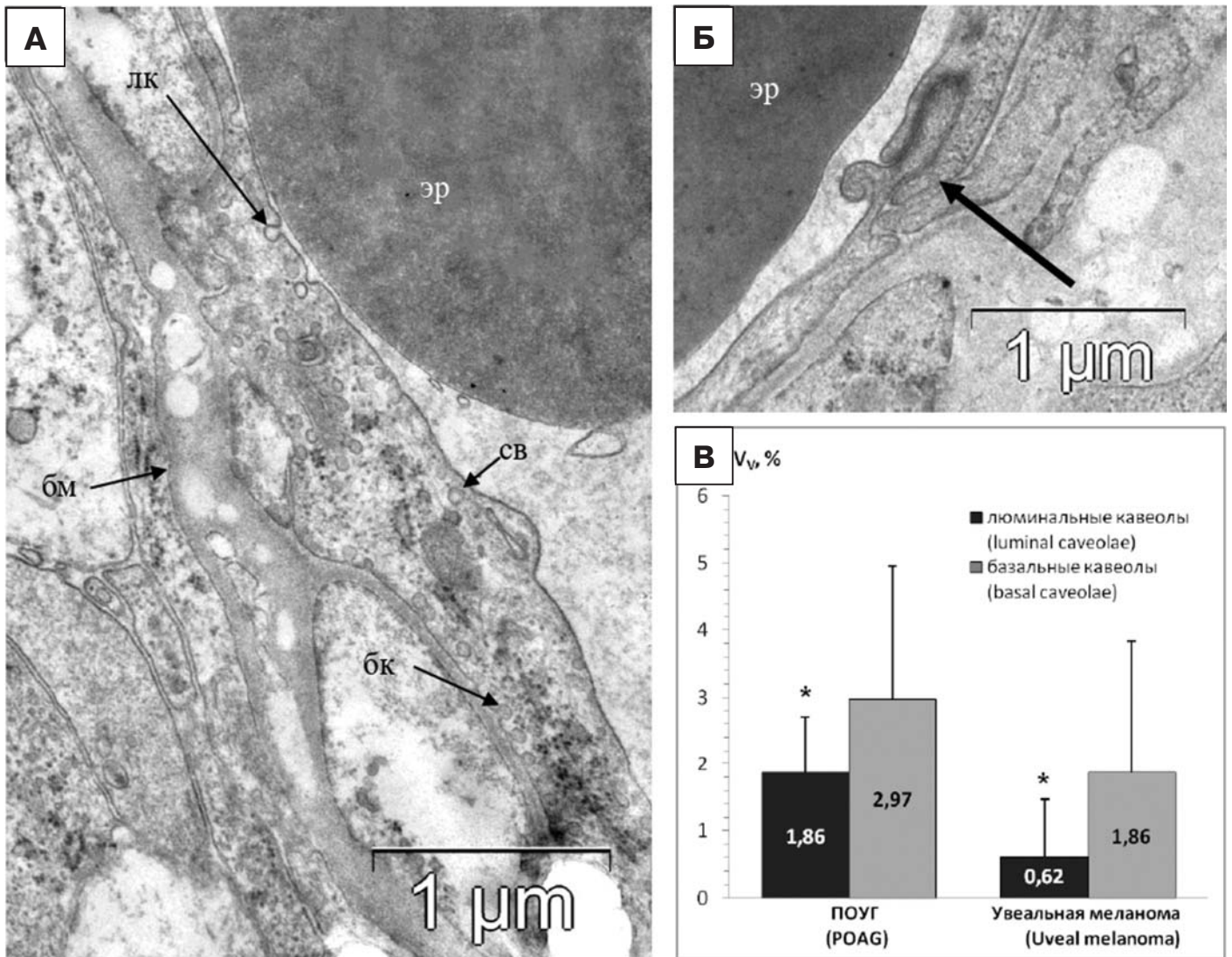
Выявленное нами снижение объемной плотности кровеносных сосудов при ПОУГ, возможно, связано с ишемическим повреждением капилляров. В литературе имеются данные о том, что для поддержания перфузии (кровоснабжения сетчатки) существует процесс ауторегуляции кровотока, в ходе которого при изменении артериального и внутриглазного давления происходит сужение либо расширение просвета сосудов. Известно, что при глаукоме происходит

повышение ВГД, которое сопровождается его кратковременными перепадами, что может способствовать нарушению процесса ауторегуляции кровотока и приводить к нарушениям микроциркуляции, ишемии, спазму сосудов. Так, в ряде исследований показано снижение перфузии на ранних этапах ПОУГ, а также уменьшение плотности сосудов в макулярной и перипапиллярной зонах сетчатки [10, 18, 19].

Нами также была проанализирована ультраструктура эндотелиальных клеток кровеносных капилляров внутреннего сетчатого слоя сетчатки (рис. 3, А). Наиболее часто отмечали наличие плотных межэндотелиальных контактов типа интердигитации (рис. 3, Б), а в цитоплазме околоядерной зоны — большое содержание свободных полисомальных рибосом. Кроме того, определялись различные типы везикулярных структур: свободные везикулы, везикулы, связанные с люминальной (люминальные кавеолы) и аблюминальной

(аблюминальные или базальные кавеолы) поверхностью эндотелиоцита, а также первичные эндосомы и мультивезикулярные тельца. Нами установлено, что объемная плотность люминальных кавеол при терминальной стадии ПОУГ больше, чем при увеальной меланоме, в 3 раза, а базальных — в 1,6 раза. В то же время при терминальной стадии ПОУГ объемная плотность базальных кавеол была на 37,3% больше, чем люминальных (рис. 3, В). Известно, что с помощью кавеол осуществляется перенос сигнальных молекул (Raf, MEK, PI-3 kinase и др.), регуляторных факторов роста (Src, Fyn, Lck и др.), мембранных белков-рецепторов (PDGF-R, CD36, gp60, SR-BI и др.) и других молекул [20, 21].

Кроме того, при терминальной стадии ПОУГ в цитоплазме эндотелиоцитов кровеносных капилляров отмечали структурные признаки почкования и слияния кавеол, что указывает на явление транцитоза. В ряде исследований



**Рис. 3.** Ультраструктура кровеносных капилляров сетчатки (ПОУГ). А — фрагмент эндотелиоцита кровеносного капилляра внутреннего сетчатого слоя, Б — межэндотелиальный контакт типа интердигитации (стрелка), В — объемная плотность люминальных и базальных кавеол в эндотелиоцитах кровеносных капилляров; лк — люминальные кавеолы, бк — базальные кавеолы, св — свободные везикулы, бм — базальная мембрана, эр — эритроцит.  $V_v$  — объемная плотность структур; \* — различия статистически значимы по сравнению с соответствующими величинами при увеальной меланоме,  $p < 0,05$

**Fig. 3.** Ultrastructure of the retina vessels (POAG). А — fragment of an endotheliocyte of a blood capillary of the inner plexiform layer, Б — digitiform intercellular junction, В — volume density of luminal and basal caveolae in endotheliocytes of blood capillaries; лк — luminal caveolae, бк — basal caveolae, св — free vesicles, бм — basal membrane, эр — erythrocyte.  $V_v$  — volume density of structures; \* — differences are statistically significant compared with the corresponding value in uveal melanoma,  $p < 0.05$

показано, что образующийся трансэндотелиальный канал участвует в переносе более крупных молекул — регуляторов клеточного метаболизма (LDL, альбумин, трансферрин, церулоплазмин, инсулин, липопротеины низкой плотности, металлопротеазы) [22, 23].

Известно, что эндотелиальные клетки сетчатки входят в состав гематоретинального барьера и ограничивают прохождение веществ между кровью и паренхимой сетчатки. Специализированные комплексы плотных контактов между эндотелиальными клетками предотвращают парацеллюлярный поток, а низкий уровень везикулярного транспорта между люминальной и аблюминальной мембранами, известный как трансцитоз, ограничивает трансцеллюлярный пассаж [24]. Считается, что основным механизмом образования барьеров в центральной нервной системе являются плотные межклеточные контакты, однако результаты ряда исследований показывают, что изменение скорости трансцитоза также влияет на проницаемость барьера [25] и барьерные свойства развивающейся сосудистой сети сетчатки преимущественно обусловлены процессами трансцитоза [26].

Отмеченное нами повышение объемной плотности кавеол при терминальной стадии ПОУГ (как люминальных, так и базальных) могло быть следствием компенсации снижения количества капилляров в сетчатке, что обусловило повышение трансцитоза в функционирующих сосудах и возрастание проницаемости гематоретинального барьера. Об этом свидетельствовали отек и набухание структурных компонентов сетчатки, а также значительное увеличение размеров интерстициальных пространств.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования выявлены структурные изменения сетчатки глаза человека при терминальной стадии ПОУГ и увеальной меланоме. При ПОУГ отмечен значительный отек практически всех слоев сетчатки и возрастание объемной плотности интерстиция, однако в связи со значительной потерей ядер в наружном ядерном и ганглиозном слоях толщина сетчатки оказалась сниженной. Объемная плотность сосудов в сетчатке при терминальной стадии ПОУГ меньше, чем при увеальной меланоме, однако в цитоплазме эндотелиоцитов кровеносных капилляров происходит повышение объемной плотности люминальных и базальных кавеол и образование трансэндотелиальных каналов, что свидетельствует о возрастании трансцитоза и увеличении проницаемости гематоретинального барьера.

### Литература/References

1. *Križaj D.* What is glaucoma? In: Kolb H., Fernandez E., Nelson R., Jones B.W. eds. *Webvision: The organization of the retina and visual system.* Available at: <https://webvision.med.utah.edu/book/part-xii-cell-biology-of-retinal-degenerations/what-is-glaucoma/> (Accessed May 30, 2019).
2. *Jassim A.H., Inman D.M.* Evidence of hypoxic glial cells in a model of ocular hypertension. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2019; 60 (1): 1–15. doi: 10.1167/iops.18-24977
3. *Flammer J., Orgül S., Costa V.P., et al.* The impact of ocular blood flow in glaucoma. *Prog. Retin. Eye Res.* 2002; 21 (4): 359–93. doi:10.1016/s1350-9462(02)00008-3
4. *Tezel G., Wax M.B.* Increased production of tumor necrosis factor- $\alpha$  by glial cells exposed to simulated ischemia or elevated hydrostatic pressure induces apoptosis in cocultured retinal ganglion cells. *J. Neurosci.* 2000; 20 (23): 8693–700. doi:10.1523/JNEUROSCI.20-23-08693.2000
5. *Wax M.B., Tezel G.* Immunoregulation of retinal ganglion cell fate in glaucoma. *Exp. Eye. Res.* 2009; 88 (4): 825–30. doi:10.1016/j.exer.2009.02.005

6. *Howell G.R., Soto I., Zhu X., et al.* Radiation treatment inhibits monocyte entry into the optic nerve head and prevents neuronal damage in a mouse model of glaucoma. *J. Clin. Invest.* 2012; 122 (4): 1246–61. doi:10.1172/JCI161135
7. *Huang J., Zhao Q., Li M., et al.* The effects of endothelium-specific CYP2J2 overexpression on the attenuation of retinal ganglion cell apoptosis in a glaucoma rat model. *FASEB J.* 2019; 33 (10): 11194–209. doi: 10.1096/fj.201900756R
8. *Alyahya K., Chen C.T., Mangan B.G., et al.* Microvessel loss, vascular damage and glutamate redistribution in the retinas of dogs with primary glaucoma. *Vet. Ophthalmol.* 2007; Suppl 1: 70–7. doi: 10.1111/j.1463-5224.2007.00562.x
9. *Trost A., Motloch K., Bruckner D., et al.* Time-dependent retinal ganglion cell loss, microglial activation and blood-retina-barrier tightness in an acute model of ocular hypertension. *Exp. Eye Res.* 2015; 136: 59–71. doi:10.1016/j.exer.2015.05.010
10. *Курешева Н.И., Маслова Е.В., Трубилина А.В., Арджевнишвили Т.Д., Фомин А.В.* Особенности макулярного кровотока при глаукоме. *Вестник офтальмологии.* 2017; 133 (2): 29–38. [*Kuryshva N.I., Maslova E.V., Trubilina A.V., Ardzhvishvili T.D., Fomin A.V.* Macular blood flow in glaucoma. *Vestnik oftal'mologii.* 2017; 133 (2): 29–38 (in Russian)]. doi:10.17116/oftalma2017133229-37
11. *Brusini P.* OCT Glaucoma Staging System: a new method for retinal nerve fiber layer damage classification using spectral-domain OCT. *Eye (Lond).* 2018; 32 (1): 113–9. doi:10.1038/eye.2017.159
12. *Усман А.Б., Марченко Л.Н., Качан Т.В., Далидович А.А.* АнгиоОКТ в ранней диагностике первичной открытоугольной глаукомы. *Офтальмология. Восточная Европа.* 2018; 8 (1): 19–26. [*Usman A.B., Marchenko L.N., Kachan T.V., Dalidovich A.A.* Angio-OCT in early diagnosis of primary open angle glaucoma. *Oftal'mologiya. Vostochnaya Evropa.* 2018; 8 (1): 19–26 (in Russian)].
13. *Almasieh M., Wilson A.M., Morquette B., et al.* The molecular basis of retinal ganglion cell death in glaucoma. *Prog. Retin. Eye Res.* 2012; 31 (2): 152–81. doi:10.1016/j.preteyeres.2011.11.002
14. *Liu W.W., Margeta M.A.* Imaging retinal ganglion cell death and dysfunction in glaucoma. *Int. Ophthalmol. Clin.* 2019; 59 (4): 41–54. doi:10.1097/IO.0000000000000285
15. *Нестеров А.П.* Патогенез первичной открытоугольной глаукомы: какая концепция более правомерна? *Офтальмологические ведомости.* 2008; 1 (4): 63–7. [*Nesterov A.P.* Primary open-angle glaucoma pathogenesis: which theory is more accurate? *Oftal'mologicheskie vedomosti.* 2008; 1 (4): 63–7 (in Russian)].
16. *Saba A., Usmani A., Islam Q.U., Assad T.* Unfolding the enigma of lamina cribrosa morphometry and its association with glaucoma. *Pak. J. Med. Sci.* 2019; 35 (6): 1730–5. doi:10.12669/pjms.35.6.568
17. *Kang J.M., Tanna A.P.* Glaucoma. *Med. Clin. North Am.* 2021; 105 (3): 493–510. doi:10.1016/j.mcna.2021.01.004
18. *Семенова Н.С., Гурова Е.В., Соколова Е.Н., Акопян В.С.* Оптическая когерентная томография — ангиография для оценки сосудистой плотности сетчатки при глаукоме. *Современные технологии в офтальмологии.* 2017; 4: 177–9. [*Semenova N.S., Gurova E.V., Sokolova E.N., Akopyan V.S.* Optical coherence tomography - angiography to assess retinal vascular density in glaucoma. *Sovremennye tekhnologii v oftal'mologii.* 2017; 4: 177–9 (in Russian)].
19. *Rao H.L., Pradhan Z.S., Suh M.H., et al.* Optical Coherence Tomography Angiography in glaucoma. *J. Glaucoma.* 2020; 29 (4): 312–21. doi:10.1097/IJG.0000000000001463
20. *Frank P.G., Woodman S.E., Park D.S., Lisanti M.P.* Caveolin, caveolae, and endothelial cell function. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* 2003; 23 (7): 1161–8. doi:10.1161/01.ATV.00000070546.16946.3A
21. *Parton R.G., McMahon K.A., Wu Y.* Caveolae: Formation, dynamics, and function. *Curr. Opin. Cell Biol.* 2020; 65: 8–16. doi:10.1016/j.ceb.2020.02.001
22. *Simionescu M., Popov D., Sima A.* Endothelial transcytosis in health and disease. *Cell Tissue Res.* 2009; 335 (1): 27–40. doi:10.1007/s00441-008-0688-3
23. *Ayloo S., Gu C.* Transcytosis at the blood-brain barrier. *Curr. Opin. Neurobiol.* 2019; 57: 32–38. doi:10.1016/j.conb.2018.12.014
24. *Zhao Z., Nelson A.R., Betsholtz C., Zlokovic B.V.* Establishment and dysfunction of the blood-brain barrier. *Cell.* 2015; 163: 1064–78. doi: 10.1016/j.cell.2015.10.067
25. *Ben-Zvi A., Lacoste B., Kur E., et al.* Mfsd2a is critical for the formation and function of the blood-brain barrier. *Nature.* 2014; 509: 507–11. doi: 10.1038/nature13324
26. *Chow B.W., Gu C.* Gradual suppression of transcytosis governs functional blood-retinal barrier formation. *Neuron.* 2017; 93 (6): 1325–33.e3. doi:10.1016/j.neuron.2017.02.043



**Вклад авторов в работу:** Н.П. Бгатова — значимое участие в разработке концепции и дизайна исследования, интерпретации данных, финальная подготовка проекта статьи к публикации; Н.А. Обанина — значимое участие в сборе данных и их интерпретации, написание статьи; А.В. Еремина — значимое участие в сборе данных; А.Н. Трунов, В.В. Черных — значимое участие в разработке концепции и дизайна исследования, финальная подготовка проекта статьи к публикации.

**Authors' contribution:** N.P. Bgatova — concept and design of the study, data interpretation, final editing; N.A. Obanina — data collection and analysis, article writing; A.V. Eremina — data collection; A.N. Trunov, V.V. Chernykh — concept and design of the study, final editing.

*Поступила: 01.02.2022. Переработана: 02.03.2022. Принята к печати: 15.03.2022*  
*Originally received: 01.02.2022. Final revision: 02.03.2022. Accepted: 15.03.2022*

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*Научно-исследовательский институт клинической и экспериментальной лимфологии — филиал ФГБУ «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения РАН», ул. Тимакова, д. 2, Новосибирск, 630060, Россия*

**Наталья Петровна Бгатова** — д-р биол. наук, профессор, заведующая лабораторией ультраструктурных исследований, ORCID ID 0000-0002-4507-093X

**Наталья Андреевна Обанина** — младший научный сотрудник лаборатории ультраструктурных исследований, ORCID ID 0000-0003-3238-5155

*Новосибирский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, ул. Колхидская, д. 10, Новосибирск, 630096, Россия*

**Алена Викторовна Еремина** — канд. мед. наук, научный сотрудник научного отдела, ORCID ID 0000-0002-6913-0925

**Александр Николаевич Трунов** — д-р мед. наук, профессор, заместитель директора по научной работе, ORCID ID 0000-0002-7592-8984

**Валерий Вячеславович Черных** — д-р мед. наук, профессор, директор, ORCID ID 0000-0002-7623-3359

**Для контактов:** Александр Николаевич Трунов,  
trunov1963@yandex.ru

*Research Institute of Clinical and Experimental Lymphology, branch of the Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2, Timakov St., Novosibirsk, 630060, Russia*

**Nataliya P. Bgatova** — Dr. of Biol. Sci., professor, head of the laboratory of ultrastructural research, ORCID ID 0000-0002-4507-093X

**Natalia A. Obanina** — junior researcher, laboratory of ultrastructural research, ORCID ID 0000-0003-3238-5155

*S. Fyodorov Eye Microsurgery Clinic, Novosibirsk Branch, 10, Kolkhidskaya St., Novosibirsk, 630096, Russia*

**Alena V. Eremina** — Cand. of Med. Sci., research associate of the scientific department, ORCID ID 0000-0002-6913-0925

**Aleksandr N. Trunov** — Dr. of Med. Sci., professor, deputy director for science, ORCID ID 0000-0002-7592-8984

**Valeriy V. Chernykh** — Dr. of Med. Sci., professor, director, ORCID ID 0000-0002-7623-3359

**Contact information:** Aleksandr N. Trunov,  
trunov1963@yandex.ru

<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-129-137>



# Тяжелые заболевания переднего отдела глаза на фоне сопутствующей соматической патологии и COVID-19: клинические случаи в условиях пандемии

О.И. Лебедев, А.В. Суров , Т.Ю. Матненко, С.Ж. Кабулдинова, О.В. Кутузов, Э.М. Науменко

ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Ленина, д. 12, Омск, 644099, Россия

*Представлены три клинических случая тяжелых заболеваний переднего отдела глаза, возникших на фоне сопутствующей соматической патологии и COVID-19 в условиях пандемии. Наши наблюдения показывают, что вирус SARS-CoV-2 может способствовать развитию тяжелых кератитов и кератоувеитов, отличающихся длительным торпидным течением, рецидивами и плохо прогнозируемым исходом. Данные заболевания на фоне коронавирусной инфекции и тяжелой соматической патологии имеют атипичные симптомы, затрудняющие диагностику, резистентность к лечению, увеличенный период реконвалесценции. Это можно объяснить выраженными сосудистыми воспалительными реакциями, возможной инвазией вирусными частицами тканей глаза, нарушением слезопродукции, снижением факторов местной иммунной защиты глаза и общего иммунитета, нарушением гематофтальмического барьера. Проводимая местная и общая медикаментозная терапия вызывала слабую динамику заболевания. Отмечался волнообразный характер течения заболевания. Описание данных клинических случаев отражает полиморфность симптомов и полиорганность поражений на фоне COVID-19.*


**Ключевые слова:** COVID-19, SARS-CoV-2, коронавирус, кератоувеит, кератит

**Конфликт интересов:** отсутствует.

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

**Для цитирования:** Лебедев О.И., Суров А.В., Матненко Т.Ю., Кабулдинова С.Ж., Кутузов О.В., Науменко Э.М. Тяжелые заболевания переднего отдела глаза на фоне сопутствующей соматической патологии и COVID-19: клинические случаи в условиях пандемии. Российский офтальмологический журнал. 2022; 15 (2) (Приложение): 129-37. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-129-137>

## Severe diseases of the anterior segment of the eye accompanied by somatic pathology and COVID-19: clinical cases under the pandemic

Oleg I. Lebedev, Alexander V. Surov , Tatyana Yu. Matnenko, Saniya Zh. Kabuldinova, Oleg V. Kutuzov, Elvira M. Naumenko

Omsk State Medical University, 12, Lenin St., Omsk, 644099, Russia  
[abc55.79@mail.ru](mailto:abc55.79@mail.ru)

*The article presents three clinical cases of severe pathologies of the anterior segment of the eye, which developed in patients with serious concomitant somatic diseases and COVID-19 under the pandemic. Our observations show that the SARS-CoV-2 virus can contribute to*

*the onset of severe keratitis and keratouveitis, characterized by a long torpid course, relapses, and a poorly predicted outcome. In patients with coronavirus and severe somatic pathology, these diseases have atypical symptoms that complicate the diagnosis, are resistant to treatment, and require an extended period of convalescence. This can be explained by pronounced vascular inflammatory reactions, a possible invasion of eye tissue by viral particles, disruption of tear production, a decrease in local immune defense factors of the eye and systemic immunity, and a violation of the hemato-ophthalmic barrier. Local and general drug treatment brought weakly positive changes. The course of the disease took an undulating character. The description of the clinical cases reflects the polymorphism of symptoms and the multiorganic character of damages associated with COVID-19.*

**Keywords:** COVID-19, SARS-CoV-2, coronavirus, keratouveitis, keratitis

**Conflict of interests:** there is no conflict of interests.

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

**For citation:** Lebedev O.I., Surov A.V., Matnenko T.Yu., Kabuldinova S.Zh., Kutuzov O.V., Naumenko E.M. Severe diseases of the anterior segment of the eye accompanied by somatic pathology and COVID-19: clinical cases under the pandemic. Russian ophthalmological journal. 2022; 15 (2) (supplement): 129-37 (In Russian). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-129-137>

Известно, что SARS-CoV-2 является одноцепочечным РНК-β-коронавирусом с наружной липидной оболочкой, геном которого на 96,2% идентичен геному CoV летучей мыши, являющейся его природным хозяином [1–3]. Исследования показали, что SARS-CoV-2 вступает в контакт с ангиотензинпревращающим ферментом-2 (ACE-2), который находится на поверхности конъюнктивы и эпителии роговицы, но в меньшем количестве, чем в тканях сердца и легких, вызывая воспалительные процессы глазной поверхности [4]. Установлена возможность передачи COVID-19 через слизистую конъюнктивы как без клинических проявлений со стороны глаз [5], так и с явлениями конъюнктивита [6, 7]. В литературе широко описывается полиморфность симптомов и клинические примеры различных глазных проявлений, ассоциированных с новой коронавирусной инфекцией, не коррелирующих со степенью системного поражения [8]. Некоторые данные указывают на развитие синдрома сухого глаза, обусловленного развитием воспалительной реакции на поверхности глазного яблока, что приводит к нарушению слезной пленки [9]. Есть сообщения о развитии окклюзии ретинальных вен сетчатки у пациентов с COVID-19, обусловленной гиперкоагуляционным синдромом [10].

Наши наблюдения показывают, что вирус SARS-CoV-2 может способствовать развитию торпидных кератитов и кератouveитов с атипичным волнообразным течением и непредсказуемым результатом терапии у пациентов с тяжелой соматической патологией.

В настоящее время нет единых клинических рекомендаций для врачей-офтальмологов по диагностике и лечению патологии переднего отдела глаза у пациентов с перенесенной новой коронавирусной инфекцией, по профилактике и лечению осложнений из-за отсутствия необходимого клинического опыта и малой изученности данной проблемы.

**ЦЕЛЬ** работы — оценить течение кератитов и кератouveитов у пациентов с сопутствующей тяжелой соматической патологией на фоне перенесенной инфекции COVID-19, проанализировать тактику ведения и лечения пациентов.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

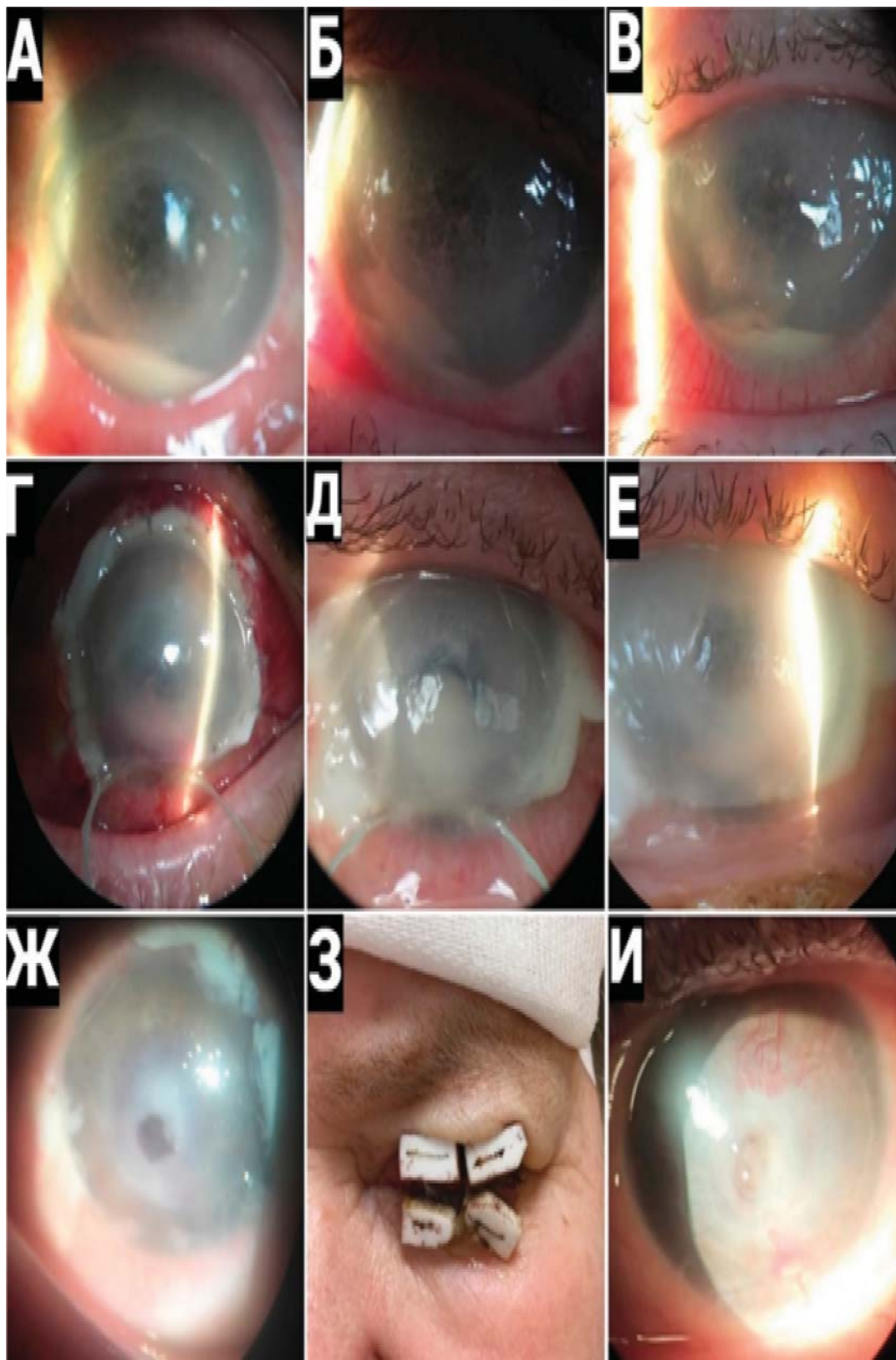
Оценка офтальмологического статуса проводилась с использованием стандартных офтальмологических методов диагностики: визометрии с определением максимальной скорректированной остроты зрения (МКОЗ), биомикроскопии с использованием щелевой лампы.

Представленные пациенты, имевшие хронические общесоматические заболевания, обращались к офтальмологу с жалобами на снижение зрения, боль и покраснение глаз, слезотечение после перенесенной вирусной пневмонии, ассоциированной с COVID-19, и стационарного лечения или

на фоне персистенции COVID-19 с легким течением заболевания и амбулаторной терапии.

*Клинический случай 1.* Пациентка К., 1964 г. р., была госпитализирована 18.01.2021 в микрохирургическое отделение № 2 БУЗОО «КОБ им. В.П. Выходцева» по неотложным показаниям с жалобами на слезотечение, светобоязнь, покраснение, отсутствие предметного зрения, сильные боли в левом глазу. Из сопутствующих заболеваний: ишемическая болезнь сердца (ИБС); атеросклеротическая болезнь сердца; артериальная гипертензия III степени, риск 4; дислипидемия; ожирение III степени; хроническая сердечная недостаточность (ХСН) IIa, функциональный класс (ФК) 2; сахарный диабет II типа, инсулинозависимый; диабетическая периферическая сенсорная полинейропатия; диабетическая нефропатия; дисциркуляторная энцефалопатия (ДЭП) II степени в резидуальном периоде острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК) (дважды в 2019 г.). В анамнезе: жалобы на ощущение инородного тела, покраснение левого глаза начали беспокоить с конца ноября 2020 г. Получала местную терапию под наблюдением офтальмолога по месту жительства. 29.12.2020 методом иммуноферментного анализа (ИФА) (IgM коэффициент позитивности — КП = 1,6) была выявлена новая коронавирусная инфекция, осложненная внебольничной двусторонней полисегментарной вирусной пневмонией со среднетяжелым течением и 50%-ным поражением легочной ткани, дыхательной недостаточностью (ДН) I степени, в связи с чем лечилась в профильном стационаре по 18.01.2021. Объективно: VIS OD = 0, 1 н/к; VIS OS = 1/∞ gr.l. certae. Периферические границы поля зрения OS определить невозможно. Внутриглазное давление (Po) OS пальпаторно — в норме, Po OD = 17 мм рт. ст. (по пневмотонометрии). При биомикроскопии OD спокоен; OS — выраженная смешанная инъекция конъюнктивы, на роговице обширный язвенный инфильтрат, занимающий всю центральную и захватывающий параоптическую зону диаметром около 8,0 × 7,0 мм с неоднородной поверхностью, нечеткими границами, перифокально умеренный отек эпителия, передняя камера средней глубины, гипопион — 4 мм, зрачок в центре диаметром 4 мм, в плоскости зрачка — фибрин, глубже лежащие среды не видны (рис. 1, А). По результатам УЗИ (B/san) OS: плавающие помутнения в стекловидном теле. Рентгенография придаточных пазух носа — без особенностей. Выставлен диагноз OS: «Язва роговицы с гипопионом. Увеит». В мазке конъюнктивы выявлен *Staphylococcus epidermidis*, чувствительный к фторхинолонам, аминогликозидам, цефалоспорином.

Консервативное лечение включало комбинированное локальное и парентеральное введение антибактериальных препаратов: инстилляции в конъюнктивальную полость пре-



**Рис. 1.** Пациентка К., 1964 г. р. Язва роговицы с гипопионом. Кератouveит. А — фото глаза при поступлении. Б — фото глаза на 4-е сутки после начала консервативного лечения. В — отрицательная динамика на 14-е сутки. Г — состояние после эпикератопластики по Пучковской с дренированием передней камеры. Д — пациентка через неделю после операции. Е — пациентка через 2 нед после операции. Ж — рецидив язвы роговицы с перфорацией через 2 мес после операции. З — временная блефароррафия. И — иридокорнеальный рубец, васкуляризация роговицы в исходе заболевания

**Fig. 1.** Patient K., born in 1964. Corneal ulcer with hypopyon. Keratouveitis. А — eye photo on admission. Б — photo of the eye on the 4th day after the start of conservative treatment. В — negative dynamics on the 14th day. Г — condition after epikeratoplasty according to Puchkovskaya with drainage of the anterior chamber of the eye. Д — patient's eye 1 week after surgery. Е — patient's eye 2 weeks after surgery. Ж — recurrent corneal ulcer with perforation 2 months after surgery. З — temporary blepharorrhaphy. И — iridocorneal scar, corneal vascularization in the disease outcome

паратов фторхинолонового ряда (данцил 0,3% 4 раза в день); субконъюнктивальные инъекции аминогликозидов (гентамицин 0,2 мл 2 раза в день); системно недельный курс цефалоспорины III поколения (цефтриаксон 1 г в/м); местное введение мидриатиков (инстилляций мидримакса 2 раза в день, субконъюнктивальные инъекции атропина 0,3 мл 2 раза в день); местную противовоспалительную терапию в виде инстилляций нестероидных противовоспалительных средств (НПВС) (диклофенак 0,1% 4 раза в день); системную десенсибилизирующую терапию (антигистаминный препарат Хлоропирамин 20 мг в/м 1 раз в день), флуконазол в таблетках по 150 мг ежедневно.

На фоне лечения отмечена положительная динамика: на 7-е сутки высота гипопиона составляла уже 1,5 мм, наблюдалась постепенная резорбция инфильтрации роговицы, поверхность язвы начала по краям эпителизироваться (рис. 1, Б). Учитывая длительную выраженную увеальную реакцию, к лечению добавили субконъюнктивальные инъекции дексаметазона 0,5 мл, репаратанты (корнерегель 4 раза в день).

На 10-е сутки роговица в целом по периферии стала более прозрачна, перифокально отек эпителия значительно уменьшился, язвенный инфильтрат приобрел более четкие границы; гипопион уменьшился до 1 мм, стал более плотный и организованный, по его поверхности начал дифференцироваться ватобразный фиброзный экссудат в виде «шапки»; было также отмечено рассасывание фибрина в плоскости зрачка.

В последующие дни наблюдалась слабоположительная динамика состояния роговицы и практически полное рассасывание гипопиона, в связи с чем подключили физиопроцедуры (магнитотерапию с диклофенаком, лазерное стимулирование роговицы, электрофорез с хлористым кальцием, новокаином, гентамицином, атропином по Бургинону), но на 14-е сутки он образовался вновь уровнем до 2 мм (рис. 1, В) и на 15-е сутки снизился до 1 мм. Цитологическое исследование соскоба с конъюнктивы и роговицы патологической микрофлоры не обнаружило, определилось большое количество нейтрофилов.

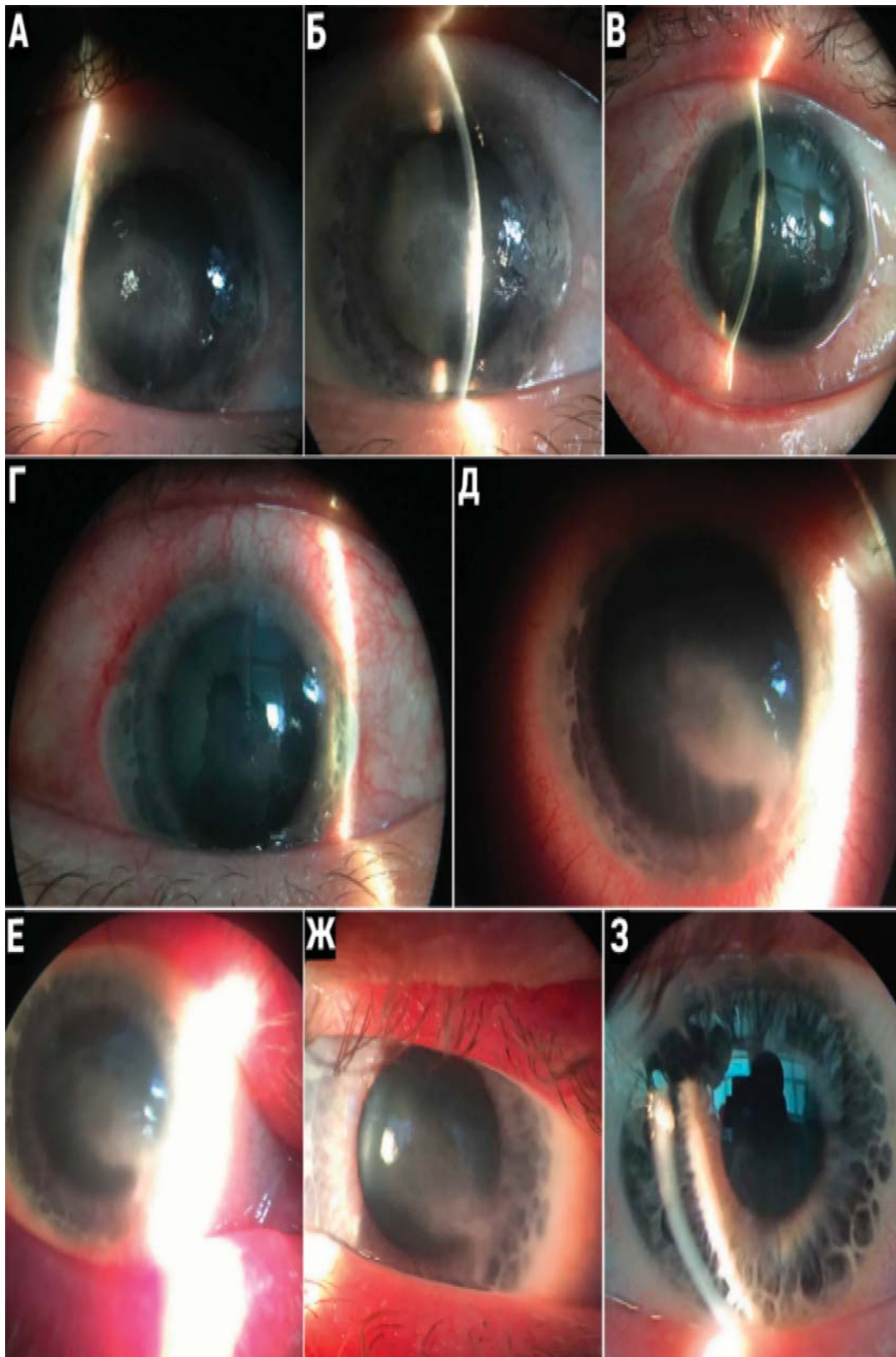
На 16-е сутки усилилась инфильтрация в нижней трети роговицы, появилось истончение роговицы в оптической зоне, развитие десцеметоцеле, в связи с чем выполнено хирургическое вмешательство — эпикератопластика по Пучковской с дренированием передней камеры, в ходе которого трансплантат фиксировали к склере, а его нижнюю часть отсекали с обнажением зоны дренирования с целью дальнейшего наблюдения за рассасыванием экссудата в передней камере (рис. 1, Г). В послеоперационном периоде продолжено консервативное лечение. На 1-е сутки после операции отметили адекватный отток из передней камеры по дренажу и отсутствие гноя в передней камере.

Выписана на 21-е сутки с положительной динамикой под наблюдение офтальмолога по месту жительства при контроле в консультативной поликлинике БУЗОО «КОБ им. В.П. Выходцева». Рекомендовано лечение и наблюдение у терапевта, невропатолога, эндокринолога по поводу сопутствующей соматической патологии.

Через 7 дней после операции на контрольном осмотре отмечено дальнейшее постепенное улучшение: уменьшение инъекций сосудов глазного яблока, аллоплант плотно фиксирован к роговице, влага передней камеры прозрачная (рис. 1, Д). Через 2 нед после операции дренаж был из передней камеры удален (рис. 1, Е), продолжена местная антибактериальная, противогрибковая, противовирусная и противовоспалительная терапия.

Через 2 мес госпитализирована по поводу рецидива язвы роговицы с перфорацией OS. Объективно: VIS OD = 0,1 н/к; VIS OS = 1/∞ pr.l. certae. Тонметрия OD = 19 мм рт. ст. (по Маклакову), OS пальпаторно -1. При биомикроскопии OS: смешанная инъекция глазного яблока, в оптической зоне роговицы на фоне старого помутнения округлый инфильтрат диаметром 3—4 мм, в центре изъязвление с перфорацией, радужка подтянута к зоне перфорации, неоваскуляризация по лимбу, остатки аллопланта у лимба, передняя камера мелкая, влага прозрачная, радужка отечна, детализация глубже лежащих сред затруднена (рис. 1, Ж). По результатам УЗИ (B/scan) OS: выраженные помутнения в стекловидном теле, центральная хориоидальная отслойка (ЦХО) в нижненаружном отделе — 7,35 мм и внутреннем — 2,51 мм. Выполнена операция OS: задняя трепанация склеры с интравитреальным введением стерильного воздуха (0,15 мл), эпикератопластика по Пучковской с временной блефароафией (рис. 1, З). Назначено комбинированное локальное и парентеральное введение антибактериальных препаратов: инстилляций в конъюнктивальную полость препаратов фторхинолонового ряда (ципрофлоксацин 0,3% 4 раза в день); системно недельный курс цефалоспорины III поколения (цефтриаксон 1 г в/м); местное введение мидриатиков (инстилляций мидримакса 2 раза в день); местная противовоспалительная терапия в виде инстилляций НПВС (диклофенак 0,1% 4 раза в день). На 3-и сутки после операции по результатам УЗИ (B/scan) OS: множественные плавающие помутнения в стекловидном теле в виде взвеси, ЦХО не выявлено. На 7-е сутки пациентка выписана под наблюдение врача поликлиники, назначены инстилляций левофлоксацина 0,5% 4 раза в день, индометацина 0,1% 4 раза в день. Через 2 мес острота зрения OS — правильная светопроекция, ВГД пальпаторно — в норме. Биомикроскопия: OS спокоен, формируется васкуляризированное бельмо роговицы (рис. 1, И).

*Клинический случай 2.* Пациент Р., 1975 г. р., был госпитализирован 29.01.2021 в микрохирургическое отделение № 1 БУЗОО «КОБ им. В.П. Выходцева» по неотложным показаниям с жалобами на снижение зрения, светобоязнь, боль и покраснение правого глаза. Из анамнеза: перенес COVID-19 в среднетяжелой форме с осложнением в виде внебольничной полисегментарной пневмонии, находился на стационарном лечении с 09.12.2020 по 22.12.2020. Через неделю от начала системного процесса пациента начали беспокоить дискомфорт и покраснение правого глаза, по поводу чего получал инстилляций капель Офтальмоферона, аппликации мази Ацикловир 3%, отмечал положительную динамику. Из сопутствующих заболеваний: ВИЧ (от 09.12.2015 получен положительный результат методом ИФА и иммуноблота с выявлением антител к ВИЧ) на стадии вторичных заболеваний (IV-Б-стадия), хронический вирусный гепатит С, кандидозный стоматит. Пациент получал специфическую антиретровирусную терапию. Объективно: VIS OD = 0,03 н/к, VIS OS = 0,8 н/к. Поля зрения не изменены. Внутриглазное давление OD — пальпаторно в норме, OS — 11 мм рт. ст. (по пневмотонометрии). При биомикроскопии OD — субтотально отек эпителия, в оптической зоне с переходом на параоптическую на 4 ч эрозивный поверхностный инфильтрат неправильной формы размером 3×4 мм, локальный десцеметит в оптической зоне, отек эндотелия в нижней трети роговицы, опалесценция водянистой влаги в передней камере «+++», отек и гиперемия радужной оболочки, зрачок слабо реагирует на свет, глазное дно не просматривается, слабая цилиарная болезненность (рис. 2, А, Б). OS — спокоен. Лабораторное исследование: повышенное значение СОЭ (20 мм/ч), относительный лим-



**Рис. 2.** Пациент Р., 1975 г. р. Кератouveит. А, Б — фото глаза при поступлении. В — состояние глаза на 7-е сутки после начала консервативного лечения. Г — состояние глаза на 14-е сутки при выписке. Д — рецидив кератouveита через месяц после выписки. Е — состояние глаза на фоне повторного курса консервативной терапии рецидива кератouveита. З — исход заболевания

**Fig. 2.** Patient R., born in 1975. Keratouveitis. А, Б — photo of the eye on admission. В — state of the eye on the 7th day after the start of conservative treatment. Г — state of the eye on the 14th day at discharge. Д — recurrence of keratouveitis one month after discharge. Е — the state of the eye during repeated course of conservative therapy. Ж — emerging cloud-like corneal opacification after repeated course of conservative therapy for recurrence of keratouveitis. З — outcome of the disease

фоцитоз и моноцитоз, гипербилирубинемия, проявления синдрома цитолиза. Рентгенография придаточных пазух носа без особенностей. По УЗИ ОД: плавающие множественные мелкодисперсные помутнения в виде облака взвеси и мелких сгустков, сетчатка прилежит. Был выставлен диагноз ОД: «Кератouveит». Назначено консервативное лечение: инстилляции диклофенака 0,1% 4 раза в день, ципрофлоксацина 0,3% 4 раза в день, мидримакса 2 раза в день; субконъюнктивальные инъекции: атропин 0,2 мл один раз в день, гентамицин 0,2 мл один раз в день, парабульбарные инъекции дексаметазона 0,5 мл один раз в день; физиолечение в виде магнитотерапии с диклофенаком, лазерное стимулирование роговицы, электрофорез с хлористым кальцием, новокаином, гентамицином, атропином по Бургинону.

На фоне проводимой терапии отмечалась положительная динамика: отсутствие цилиарной болезненности на следующий день, активная эпителизация, постепенная резорбция эрозивного инфильтрата, уменьшение перифокального отека эпителия роговицы, менее выраженный десцеметит в последующие дни.

На 7-е сутки роговица стала более прозрачна, отек эпителия купирован, десцеметит значительно менее выражен, влага передней камеры прозрачная, умеренный отек и гиперемия радужной оболочки. Поверхностный инфильтрат в оптической зоне приобрел более четкие границы, однако на его фоне в параоптической зоне на 4 ч появились древовидный инфильтрат, что свидетельствовало о реактивации герпесвирусной инфекции (рис. 2, В). Отменены парабульбарные инъекции дексаметазона, к лечению подключены субконъюнктивальные инъекции лайфферона 0,5 мл один раз в день, ацикловир в таблетках 200 мг 5 раз в день.

На 14-е сутки пациента выписали на амбулаторное лечение и наблюдение офтальмологом по месту жительства со значительным улучшением: Vis OD = 0,4 н/к, Vis OS = 0,8 н/к, формирующимся помутнением роговицы (рис. 2, Г). Рекомендации при выписке: офтальмоферон 6 раз в день, комбинил 4 раза в день, индометацин 0,1% 4 раза в день, мидримакс 2 раза в день, декспантенол 5% 4 раза в день, ацикловир в таблетках 400 мг 2 раза в день. Консультация и лечение в СПИД-центре.

Через месяц госпитализирован по поводу рецидива кератouveита ОД. Объективно: Vis OD = 0,02 н/к, Vis OS = 0,8 н/к. Внутриглазное давление ОД пальпаторно +2, OS — 11 мм рт. ст. (по пневмотонометрии). Биомикроскопия ОД: смешанная инъекция конъюнктивы, легкий отек эпителия, старое помутнение неправильной формы в оптической и параоптической зонах на 4 ч, на фоне которого в оптической зоне округлый эрозивный инфильтрат 3 × 4 мм, складки десцеметовой оболочки, умеренный отек эндотелия в нижней трети роговицы, множественные мелкие преципитаты на эндотелии, легкая опалесценция влаги передней камеры, зрачок в центре, радужная оболочка отечна, гиперемирована, глубже лежащие среды не просматриваются, умеренная цилиарная болезненность (рис. 2, Д). По УЗИ ОД: плавающие множественные, мелкодисперсные помутнения в стекловидном теле.

На фоне назначенной противовоспалительной, антибактериальной, противовирусной, гипотензивной терапии на 2-е сутки офтальмотонус ОД нормализовался, в последующие дни отмечалась активная положительная динамика (рис. 2, Е).

На 5-е сутки: Vis OD = 0,2 н/к, инфильтрат практически рассосался, активно формирующееся помутнение роговицы, легкий десцеметит, умеренный отек эндотелия в нижней трети роговицы, мелкие преципитаты на эндотелии в меньшем

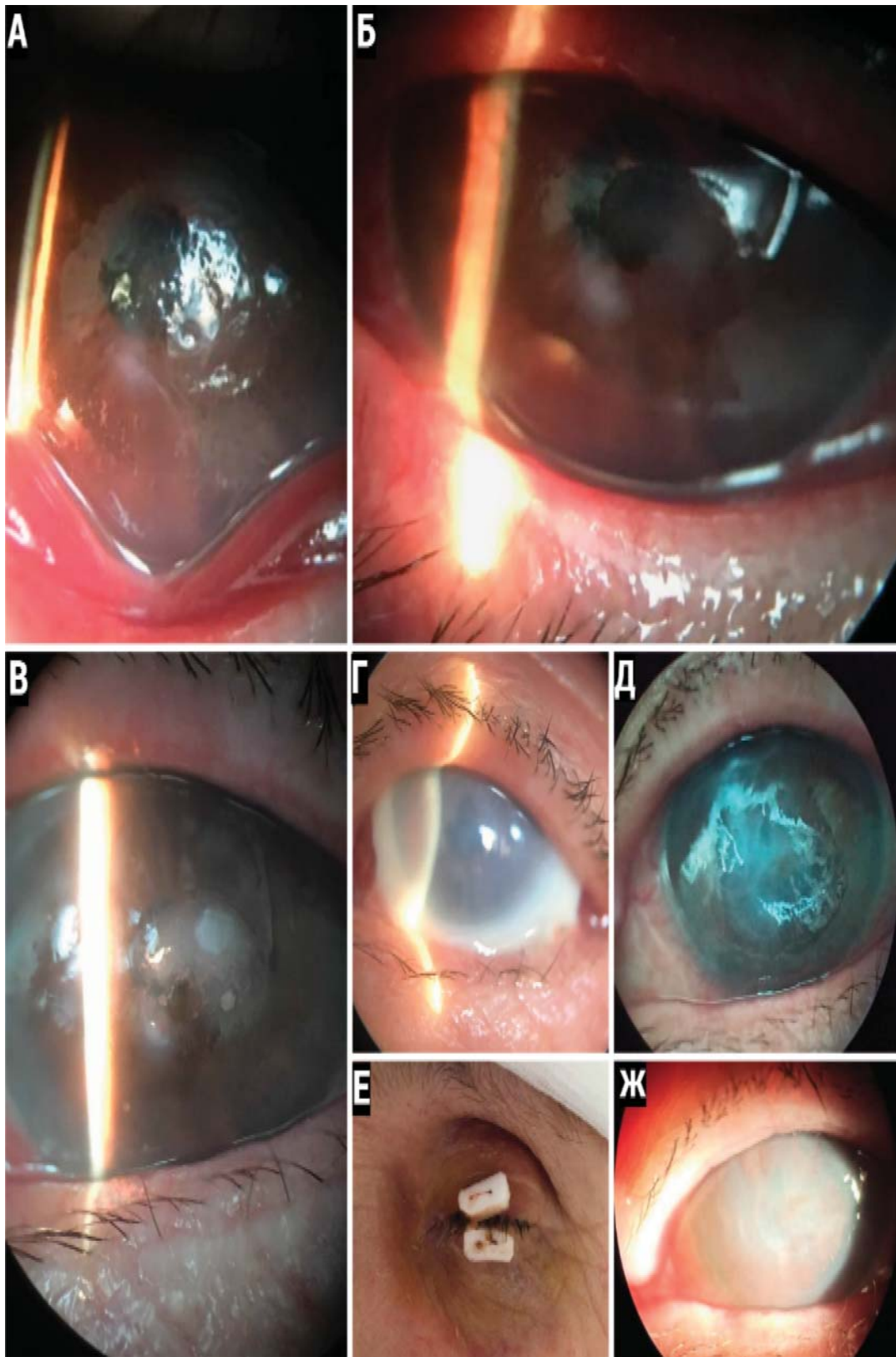
количестве в стадии активного рассасывания, легкая опалесценция влаги передней камеры; были добавлены парабульбарные инъекции дексаметазона 0,5 мл один раз в день.

Выписан на 13-е сутки под амбулаторное наблюдение со значительным улучшением: Vis OD = 0,4 н/к, глаз спокоен, воспалительный процесс купирован, на роговице — формирующееся помутнение. Было рекомендовано продолжить инстилляции капель: офтальмоферон 6 раз в день, комбинил 4 раза в день, непафенак 0,1% 3 раза в день, мидримакс 2 раза в день, гель декспантенол 5% 4 раза в день, консультация и лечение в СПИД-центре.

При контрольном осмотре через неделю: Vis OD = 0,5 н/к, биомикроскопия ОД: формирующееся облаковидное помутнение роговицы (рис. 2, Ж), через 3 мес роговица почти полностью прозрачна (рис. 2, З).

*Клинический случай 3.* Пациентка А., 1949 г. р., госпитализирована 14.01.2021 в микрохирургическое отделение № 2 БУЗОО «КОБ им. В.П. Выходцева» по неотложным показаниям с жалобами на снижение зрения, покраснение, ощущение инородного тела, боль в левом глазу. Из анамнеза: месяц назад находилась на амбулаторном лечении с диагнозом «коронавирусная инфекция COVID-19», со слов пациентки, заболевание проходило в легкой форме. Вышеперечисленные жалобы со стороны левого глаза появились около недели назад, к офтальмологу не обращалась. Из сопутствующих заболеваний: ИБС, атеросклеротическая болезнь сердца, стенокардия II стадии, артериальная гипертензия III стадии, риск 4, ХСН 2А, ФК II стадии, бронхиальная астма, смешанный вариант, вне обострения, дисциркуляторная энцефалопатия смешанного генеза, хронический цистит вне обострения, хронический гастрит вне обострения, хронический панкреатит вне обострения, поливалентная аллергия. Объективные данные при поступлении: Vis OD = 0,5 н/к, Vis OS = 0,02 н/к. Внутриглазное давление OD = 10,3 мм рт. ст. (по пневмотонометрии), OS = пальпаторно в норме. Сужение полей зрения, характерные для начальной стадии глаукомы. Биомикроскопия: OD — спокоен, OS — смешанная инъекция конъюнктивы, инфильтрат в центральной зоне неправильной формы с нечеткими границами, диаметром около 7 × 5 мм с изъязвлением в центре, перифокально выраженный отек эпителия, выраженный десцеметит, отек эндотелия в нижней трети роговицы, множественные мелкие преципитаты на эндотелии, легкая опалесценция влаги передней камеры, угол передней камеры закрыт, отек, гиперемия радужной оболочки, зрачок неправильной формы, вялая реакция на свет, множественные задние синехии, хрусталик с помутнениями в кортикальных слоях, детализация глубже лежащих сред затруднена, умеренная цилиарная болезненность (рис. 3, А). При лабораторном исследовании выявлено повышенное значение СОЭ (34 мм/ч), С-реактивный белок — 12 мг/л (норма < 6), ревматоидный фактор — 48 МЕ/мл (норма < 8). Рентгенография придаточных пазух носа — без особенностей. По УЗИ OS: выраженные плавающие помутнения в стекловидном теле в виде взвеси, утолщение сосудистой оболочки до 1,17 мм. Выставлен диагноз: «кератouveит OS, осложненная катаракта, глаукома закрытоугольная начальная с нормальным ВГД п/м ОУ». Назначено консервативное лечение: инстилляции диклофенака 0,1% 4 раза в день, левофлоксацина 0,5% 4 раза в день, мидримакса 2 раза в день, гипотензивные капли, субконъюнктивальные инъекции: лайфферон 0,5 мл, гентамицин 0,2 мл, атропин 0,2 мл, физиолечение (магнитотерапия, лазерное стимулирование роговицы).

На 3-и сутки после начала лечения: отсутствие цилиарной болезненности, инфильтрат с более четкими границами



**Рис. 3.** Пациентка А., 1949 г. р. Кератouveит. А — фото глаза при поступлении. Б — состояние глаза на 13-е сутки после начала консервативной терапии. В — язва роговицы с перфорацией через месяц после выписки. Г — состояние глаза после эпикератопластики по Пучковской. Д — рецидив язвы роговицы с перфорацией через месяц после операции. Е — временная блефароррафия. Ж — формирующееся васкуляризованное бельмо роговицы через месяц после операции

**Fig. 3.** Patient A., born in 1949. Keratouveitis. А — photograph of the eye on admission. Б — state of the eye on the 13th day after the start of conservative therapy. В — corneal ulcer with perforation one month after discharge. Г — State of the eye after Puchkovskaya epikeratoplasty. Д — recurrent corneal ulcer with perforation one month after surgery. Е — temporary blepharorrhaphy. Ж — forming vascularized corneal leukoma one month after surgery



в стадии активного рассасывания, отек эпителия перифокально и десцеметит менее выражены, мелкие преципитаты на эндотелии в меньшем количестве, умеренный отек эндотелия, задние синехии разорваны, зрачок круглый.

На 13-е сутки: поверхностный инфильтрат в оптической зоне диаметром около  $4 \times 3$  мм с четкими границами в стадии активного рассасывания, по периферии бывшего инфильтрата формируется помутнение, единичные складки десцеметовой оболочки, незначительный отек эндотелия в нижней трети, отсутствие преципитатов на эндотелии, влага передней камеры прозрачна (рис. 3, Б). Пациентка выписана на амбулаторное лечение и наблюдение с рекомендациями (инстилляций каплей Левифлоксацин 0,5% 4 раза в день, диклофенак 0,1% 4 раза в день, гель Декспантенол 5% 4 раза в день). Лечение и наблюдение у терапевта, невропатолога по поводу сопутствующей соматической патологии.

Через месяц госпитализирована по поводу язвы роговицы с перфорацией OS. Объективно: VIS OD = 0,5 н/к, VIS OS = 0,005 н/к, смешанная инъекция конъюнктивы, в оптической зоне роговицы язвенный инфильтрат округлой формы с нечеткими границами, в центре перфорация, передняя камера неравномерна, отек и гиперемия радужной оболочки, офтальмотонус-1, выраженная цилиарная болезненность (рис. 3, В). OD — спокоен. Проведена операция OS: эпикератопластика по Пучковской (рис. 3, Г). В послеоперационном периоде назначены инстилляций: максифлокс 4 раза в день, диклофенак 0,1% 4 раза в день, в/м цефтриаксон 1 г один раз в день в течение 5 дней.

На 7-е сутки после операции пациентка была выписана под наблюдение врача-офтальмолога по месту жительства, рекомендовано продолжить инстилляций — в левый глаз левофлоксацин 0,5% 4 раза в день, диклофенак 0,1% 4 раза в день.

Через месяц после операции пациентка вновь была госпитализирована по экстренным показаниям по поводу рецидива язвы роговицы с перфорацией OS. При осмотре OS: смешанная инъекция конъюнктивы, у лимба остатки аллотрансплантата, в оптической зоне язвенный дефект округлой формы со сглаженными краями, в центре перфорация, тампонируется радужкой, передняя камера неравномерной глубины, радужка отечна, офтальмотонус -3, цилиарная болезненность умеренно выражена (рис. 3, Д). Повторно выполнена эпикератопластика по Пучковской с временной блефарорафией (рис. 3, Е), в послеоперационном периоде назначены инстилляций максифлокса 4 раза в день, диклофенака 0,1% 4 раза в день. Выписана на 4-й день после операции с соответствующими рекомендациями. На контрольном осмотре через месяц швы с век были сняты, OS спокоен, формируется васкуляризированное бельмо роговицы (рис. 3, Ж).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исходя из опыта проведенных ранее клинических исследований, отраженных в источниках литературы, и описания клинических примеров обследованных нами пациентов, можно оценить разнообразие клинических проявлений и общее влияние COVID-19 на орган зрения. Особенно стоит отметить полиморфизм глазной симптоматики с вовлече-

нием переднего отдела глаза на фоне новой коронавирусной инфекции у пациентов с тяжелой общесоматической патологией, у которых наблюдается увеличенный период реконвалесценции, тяжелые осложнения и быстрые рецидивы, несмотря на амбулаторно проводимую терапию в период реконвалесценции, контроль и коррекцию сопутствующей соматической патологии у смежных специалистов. Известно, что SARS-CoV-2 предрасположен к глазной поверхности — вызывает вирусные конъюнктивиты, синдром сухого глаза, а также к сосудистой оболочке — вызывая ее воспаление и развитие сосудистых патологий, которые усугубляются развитием тромбоэмболических осложнений. В связи с этим целесообразно уже при появлении первой глазной симптоматики у пациентов с коронавирусной инфекцией на раннем этапе начинать адекватное наблюдение и лечение с целью не допустить развития тяжелых клинических форм офтальмопатологии.

## Литература/References

1. Bogoch I.I., Watts A., Thomas-Bachli A., et al. Potential for global spread of a novel coronavirus from China. *Journal of Travel Medicine*. 2020; 27 (2): taaa011. <https://doi.org/10.1093/jtm/taaa011>
2. Arshad Ali S., Baloch M., Ahmed N., Arshad Ali A., Iqbal A. The outbreak of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) - An emerging global health threat. *Journal of Infection and Public Health*. 2020; 13 (4): 644–6. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2020.02.033>
3. Guo Y.R., Cao Q.D., Hong Z.S., et al. The origin, transmission and clinical therapies on coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak — an update on the status. *Mil. Med. Res.* 2020; 7 (1): 1. doi:10.1186/s40779-020-00240-0
4. Lange C., Wolf J., Auw-Haendrich C., et al. Expression of the COVID-19 receptor ACE2 in the human conjunctiva. *J. Med. Virol.* 2020 Oct; 92 (10): 2081–6. doi:10.1002/jmv.25981
5. Karimi S., Arabi A., Shahraki T., Safi S. Detection of severe acute respiratory syndrome Coronavirus-2 in the tears of patients with Coronavirus disease 2019. 2020; 34 (7): 1220–3. <https://doi.org/10.1038/s41433-020-0965-2>
6. Wu P., Duan F., Luo C., et al. Characteristics of ocular findings of patients with Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in Hubei Province, China. *JAMA Ophthalmology*. 2020; 138 (5): 575–8. <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2020.1291>
7. Суров А.В., Люфт Е.В., Свиарева И.А. COVID-19 и офтальмология: возможно ли инфицирование через конъюнктиву? Клинический разбор в общей медицине. 2020; 1: 18–21. [Суров А.В., Люфт Е.В., Свиарева И.А. COVID-19 and ophthalmology: is conjunctival transmission possible? Clinical review for general practice. 2020; 1: 18–21 (in Russian)]. doi: 10.47407/kr2020.1.1.00003
8. Майчук Д.Ю., Атлас С.Н., Лошкарёва А.О. Глазные проявления коронавирусной инфекции COVID-19 (клиническое наблюдение). *Вестник офтальмологии*. 2020; 136 (4): 118–23. [Maychuk D.Yu., Atlas S.N., Loshkareva A.O. Ocular manifestations of coronavirus infection COVID-19 (clinical observation). *Vestnik oftal'mologii*. 2020; 136 (4): 118–23 (in Russian)]. <https://doi.org/10.17116/oftalma2020136041118>
9. Нероев В.В., Киселева Т.Н., Елисеева Е.К. Офтальмологические аспекты коронавирусной инфекции. *Российский офтальмологический журнал*. 2021; 14 (1): 7–14. [Neroev V.V., Kiseleva T.N., Eliseeva E.K. Ophthalmological aspects of coronavirus infections. *Russian ophthalmological journal*. 2021; 14 (1): 7–14 (in Russian)]. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2021-14-1-7-14>
10. Трубилин В.Н., Полунина Е.Г., Куренков В.В. и др. Влияние пандемии COVID-19 на офтальмологическую практику. Исторические аспекты и клинические примеры. *Офтальмология*. 2021; 18 (2): 181–7. [Trubilin V.N., Polunina E.G., Kurenkov V.V., et al. Impact of the COVID-19 pandemic on ophthalmic practice. Historical aspects and clinical examples. *Ophthalmology in Russia*. 2021; 18 (2): 181–7 (in Russian)]. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2021-2-181-18>

**Вклад авторов в работу:** О.И. Лебедев — научное редактирование; А.В. Сузов, Т.Ю. Матненко — научное редактирование, финальная подготовка статьи к публикации; С.Ж. Кабулдинова — сбор данных и их интерпретация, написание статьи; О.В. Кутузов — интерпретация данных, написание статьи; Э.М. Науменко — интерпретация данных, подготовка статьи к публикации.

**Authors' contribution:** O.I. Lebedev — final editing of the article; A.V. Surov, T.Yu. Matnenko — editing of the article, final preparation of the article for publication; S.Zh. Kabuldinova — data collection and interpretation, writing of the article; O.V. Kutuzov — data interpretation, writing of the article; E.M. Naumenko — data interpretation, preparation of the article for publication.

*Поступила: 01.02.2022. Переработана: 04.02.2022. Принята к печати: 06.02.2022*  
*Originally received: 01.02.2022. Final revision: 04.02.2022. Accepted: 06.02.2022*

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет»  
Минздрава России, ул. Ленина, д. 12, Омск, 644099, Россия*

**Олег Иванович Лебедев** — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой офтальмологии

**Александр Владимирович Сузов** — канд. мед. наук, доцент кафедры офтальмологии

**Татьяна Юрьевна Матненко** — канд. мед. наук, доцент кафедры офтальмологии

**Сания Жумакелдыевна Кабулдинова** — врач-ординатор кафедры офтальмологии

**Олег Владимирович Кутузов** — врач-ординатор кафедры офтальмологии

**Эльвира Маратовна Науменко** — врач-ординатор кафедры офтальмологии

**Для контактов:** Александр Владимирович Сузов,  
abc55.79@mail.ru

*Omsk State medical university, 12, Lenina St., Omsk, 644099, Russia*

**Oleg I. Lebedev** — Dr. of Med. Sci., professor, head of chair of ophthalmology

**Alexander V. Surov** — Cand. of Med. Sci., assistant professor, chair of ophthalmology

**Tat'jana Ju. Matnenko** — Cand. of Med. Sci., assistant professor, chair of ophthalmology

**Saniya Zh. Kabuldinova** — medical resident, chair of ophthalmology

**Oleg V. Kutuzov** — medical resident, chair of ophthalmology

**Elvira M. Naumenko** — medical resident, chair of ophthalmology

**Contact information:** Alexander V. Surov,  
abc55.79@mail.ru



<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-138-144>

# Двустороннее острое закрытие угла передней камеры вследствие хориоидальной эффузии. Клинический случай

И.И. Штейнер<sup>1</sup> ✉, Е.Ю. Зубкова<sup>2</sup>, А.В. Золотарев<sup>2, 3</sup>

<sup>1</sup> ООО «Региональный медицинский центр», пр-т Ленина, д. 1, Самара, 443110, Россия

<sup>2</sup> ГБУЗ «СОКОБ им. Т.И. Ерошевского», ул. Ново-Садовая, д. 158, Самара, 443068, Россия

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет», ул. Чапаевская, д. 89, Самара, 443099, Россия

*Представлен клинический случай острого двустороннего закрытия угла передней камеры (УПК) вследствие хориоидальной эффузии, которое явилось первым проявлением ранее недиагностированной хантавирусной инфекции (геморрагической лихорадки с почечным синдромом). Описан алгоритм диагностического поиска и тактика лечения. Обследование с применением современных технологий и системный подход к анализу возможных причин закрытия УПК позволили не только установить и купировать причину клинических проявлений — хориоидальную эффузию и переднее смещение иридохрусталиковой диафрагмы, но и выявить системное заболевание. Информированность клиницистов о подобных механизмах закрытия УПК необходима не только для того, чтобы сохранить зрение, но и своевременно диагностировать потенциально опасные для жизни состояния.*

**Ключевые слова:** закрытие угла передней камеры; хориоидальная эффузия; хантавирусная инфекция; геморрагическая лихорадка с почечным синдромом

**Конфликт интересов:** отсутствует.

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

**Для цитирования:** Штейнер И.И., Зубкова Е.Ю., Золотарев А.В. Двустороннее острое закрытие угла передней камеры вследствие хориоидальной эффузии. Клинический случай. Российский офтальмологический журнал. 2022; 15 (2) (Приложение): 138-44. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-138-144>

## Bilateral acute angle closure due to choroidal effusion: a case report

Irina I. Shteyner<sup>1</sup> ✉, Elena Yu. Zubkova<sup>2</sup>, Andrey V. Zolotarev<sup>2, 3</sup>

<sup>1</sup> Regional Medical Center, 1, Prospekt Lenina, Samara, 443110, Russia

<sup>2</sup> Samara T.I. Eroshevsky Regional Clinical Ophthalmology Hospital, 158, Novo-Sadovaya St., Samara, 443068, Russia

<sup>3</sup> Samara State Medical University, 89, Chapayevskaya St., Samara, 443099, Russia  
iishte@ya.ru

*In this case study, a bilateral acute angle closure due to choroidal effusion was the initial manifestation of a previously undiagnosed hantavirus infection (hemorrhagic fever with renal syndrome). The diagnostic and treatment algorithms are described. Advanced diagnostic technologies and a systematic approach to the analysis of atypical angle closure allowed not only to identify the cause of clinical presentations — choroidal effusion and anterior displacement of the lens–iris complex, but also to reveal the underlying systemic disease. The clinicians' awareness of acute angle closure mechanisms is important in preserving the patient's vision and timely diagnosing potentially life-threatening conditions.*

**Keywords:** angle closure; choroidal effusion; hantavirus; hemorrhagic fever with renal syndrome

**Conflict of interests:** there is no conflict of interests.

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

**For citation:** Shteyner I.I., Zubkova E.Yu., Zolotarev A.V. Bilateral acute angle closure due to choroidal effusion: a case report. Russian ophthalmological journal. 2022; 15 (2) (supplement): 138-44 (In Russian). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-138-144>

Закрытие угла передней камеры (УПК), которое определяется наличием иридоэпителиального контакта, может привести к повышению внутриглазного давления (ВГД) и развитию глаукомной оптической нейропатии (ГОН). Различные механизмы, лежащие в основе закрытия УПК, требуют разных лечебных стратегий. Помимо специфических анатомических факторов, способствующих развитию острого приступа закрытоугольной глаукомы в глазах гиперметропов старшей возрастной группы, острое закрытие УПК у более молодых пациентов без гиперметропической рефракции может быть вызвано иными причинами. Поиск таких причин, в частности системных, становится более актуальным в случае двустороннего закрытия УПК. Мы приводим клинический случай атипичного закрытия УПК как проявление дебюта геморрагической лихорадки с почечным синдромом (ГЛПС).

**ЦЕЛЬ** работы — продемонстрировать на клиническом примере особенности диагностики и лечения острого двустороннего закрытия УПК вследствие хориоидальной эффузии на фоне инфекционного заболевания.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Пациентка М., 34 года, обратилась в отделение экстренной помощи с жалобами на резкое снижение зрения обоих глаз.

Анамнез заболевания: со слов, зрение вдаль снизилось накануне ночью, на фоне высокой температуры. Зрение вблизи сохранено. Болей нет. Со слов, прежде снижения зрения не замечала. К окулисту не обращалась. Машину не водит. Работает с документами. Глазных болезней в семье не было. Сообщает, что в течение нескольких дней принимает амоксицилин и нимесулид по поводу лихорадки неясного генеза.

При обращении выявлено следующее. Острота зрения правого глаза без коррекции 0,1, корригированная 0,9 с коррекцией sph -6,5D cyl -0,5 ax 160. Острота зрения левого глаза без коррекции 0,1, корригированная 0,9 с коррекцией sph -4,75cyl -1,0 ax 173.

Тонометрия правого глаза — 53,4 мм рт. ст., левого — 49,5 мм рт. ст. (роговично-компенсированное давление, Reichert 7CR).

При осмотре: оба глаза спокойны, роговица прозрачная, передняя камера меньше средней глубины, равномерная, влага прозрачна. УПК закрыт на всем протяжении.

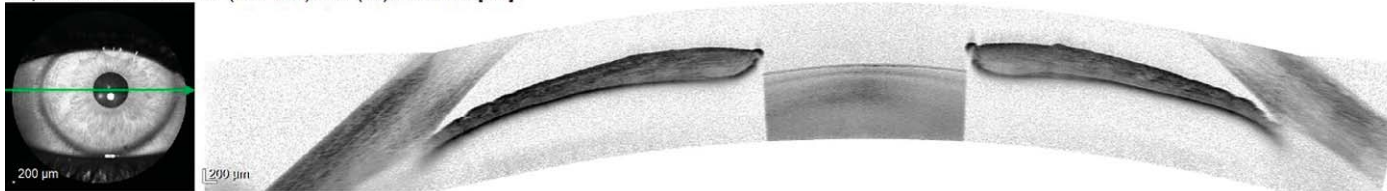
Зрачок округлый 4 мм, реакция на свет ослаблена. Зрачковая пигментная кайма сохранена. Хрусталик прозрачен. При офтальмоскопии: диск зрительного нерва бледно-розовый, границы четкие, экскавация расширена (Э/Д = 0,6), макулярная область без особенностей.

Поставлен предварительный диагноз: «двусторонний острый приступ закрытоугольной глаукомы». Иницировано гипотензивное лечение: ацетазоламид внутрь 250 мг, бримонидин и бета-блокатор в инстилляциях. Пациентка экстренно госпитализирована для дообследования и лечения.

Данные дополнительного обследования. Биометрия (НАAG STREIT Lenstar 900): правый глаз: глубина передней камеры — 2,39 мм, толщина хрусталика — 3,71 мм, длина оси — 25,24 мм; левый глаз: глубина передней камеры — 2,27 мм, толщина хрусталика — 3,73 мм, длина оси — 24,94 мм. Пахиметрия (биометр НАAG STREIT Lenstar 900): правый глаз — 588 мкм; левый глаз — 591 мкм. По данным оптической когерентной томографии (ОКТ) переднего отрезка выявлено сужение УПК из-за смещения вперед иридохрусталиковой диафрагмы (рис. 1, 2).

При ультразвуковом В-сканировании (Тomey UD 2000) выявлено увеличение толщины хориоидеи в обоих гла-

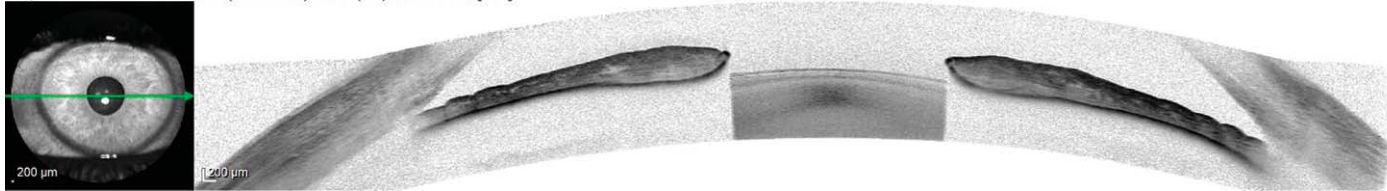
OD, IR 30° ART + OCT 30° (16.7 mm) ART (50) Q: 36 EDI [HR]



**Рис. 1.** ОКТ переднего отрезка правого глаза пациентки М. при поступлении: уменьшение ширины УПК до 17° в височном секторе (IX h), до 11° в носовом секторе (III h) за счет смещения вперед иридохрусталиковой диафрагмы

**Fig. 1.** Anterior segment OCT data of patient M., right eye, initial visit: a decrease of the anterior chamber angle width to 17° in the temporal sector (IX h), to 11° in the nasal sector (III h) due to the anterior displacement of the lens-iris complex

OS, IR 30° ART + OCT 30° (16.7 mm) ART (27) Q: 35 EDI [HR]

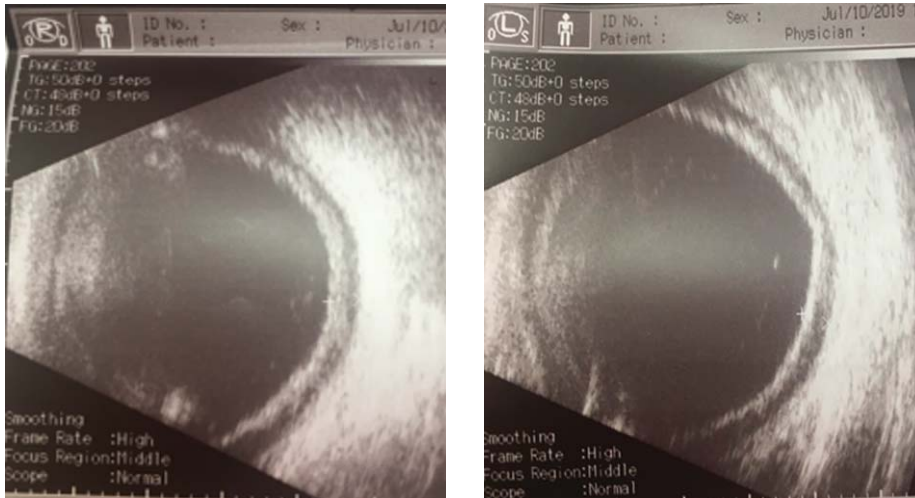


**Рис. 2.** ОКТ переднего отрезка левого глаза пациентки М. при поступлении: уменьшение ширины УПК до 22° в височном секторе (IX h), до 27° в носовом секторе (III h) за счет смещения вперед иридохрусталиковой диафрагмы

**Fig. 2.** Anterior segment OCT data of patient M., left eye, initial visit: a decrease of the anterior chamber angle width to 22° in the temporal sector (IX h), to 27° in the nasal sector (III h) due to the anterior displacement of the lens-iris complex

зах, круговая отслойка сосудистой оболочки высотой до 2 мм (рис. 3).

По данным ОКТ (HRA OCT Spectralis, Glaucoma Module Premium Edition-GMPE) толщина слоя нервных во-



**Рис. 3.** В-скан правого и левого глаза пациентки М. при поступлении: увеличение толщины хориоидеи, круговая периферическая отслойка сосудистой оболочки

**Fig. 3.** B-scan of right and left eyes of patient M, initial visit: increased choroidal thickness, circumferential choroidal detachment

локон (RNFL) и ганглиозных клеток сетчатки (GCL) — в пределах нормы по сравнению с нормативной базой (рис. 4).

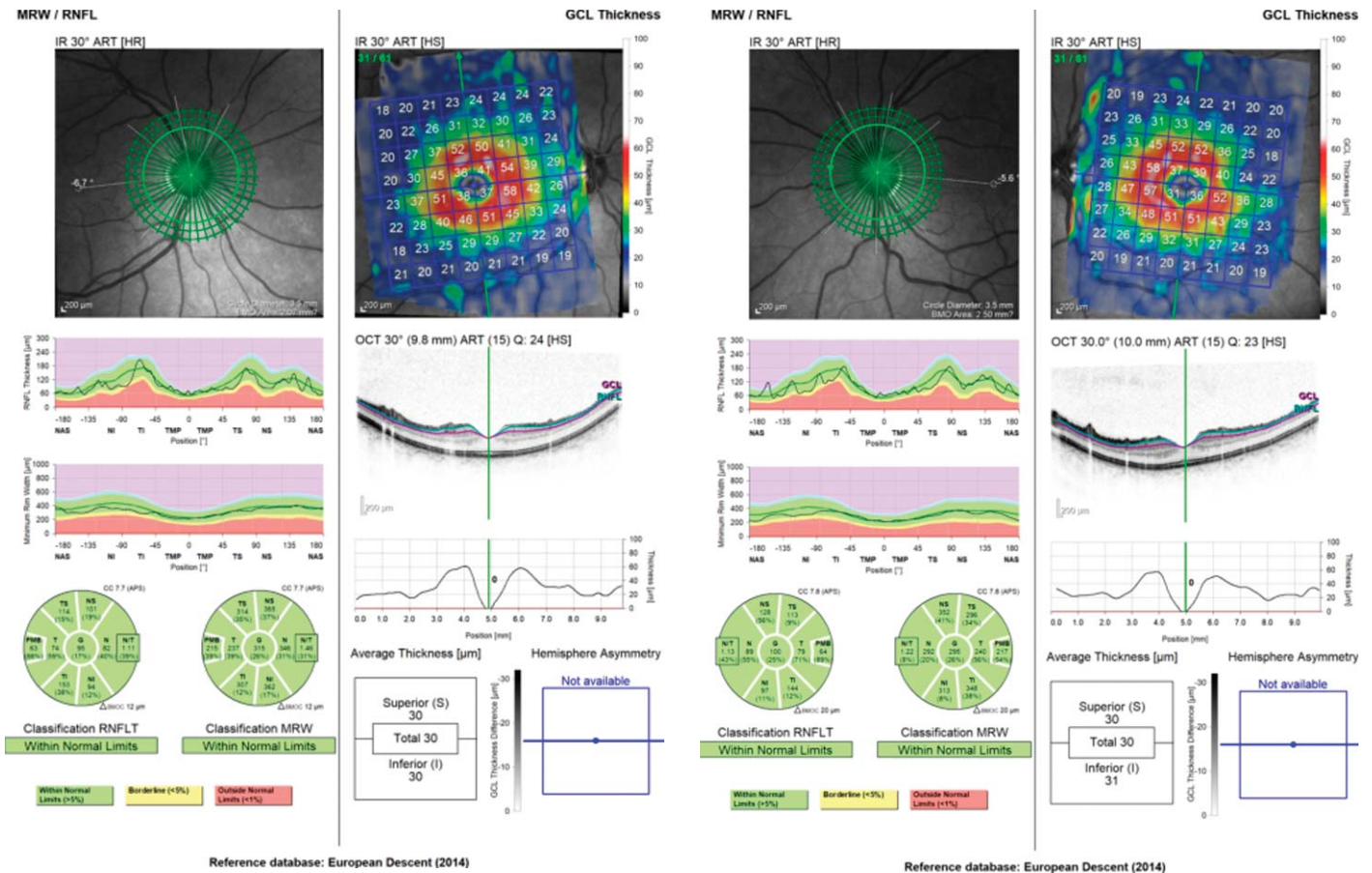
Данные статической компьютерной периметрии (HFAII 750 Zeiss), пороговый тест 24-2, представлены на рисунке 5.

На основании жалоб, данных офтальмологического обследования и инструментальных методов диагностики установлен диагноз: «Офтальмогипертензия вследствие закрытия угла передней камеры на фоне хориоидальной эффузии. Индуцированная миопия».

В рамках общедиagnostического минимума выполнены: общий анализ крови, мочи, электрокардиография и крупнокадровая флюорография, исследование маркеров медленных бактериальных и вирусных инфекций.

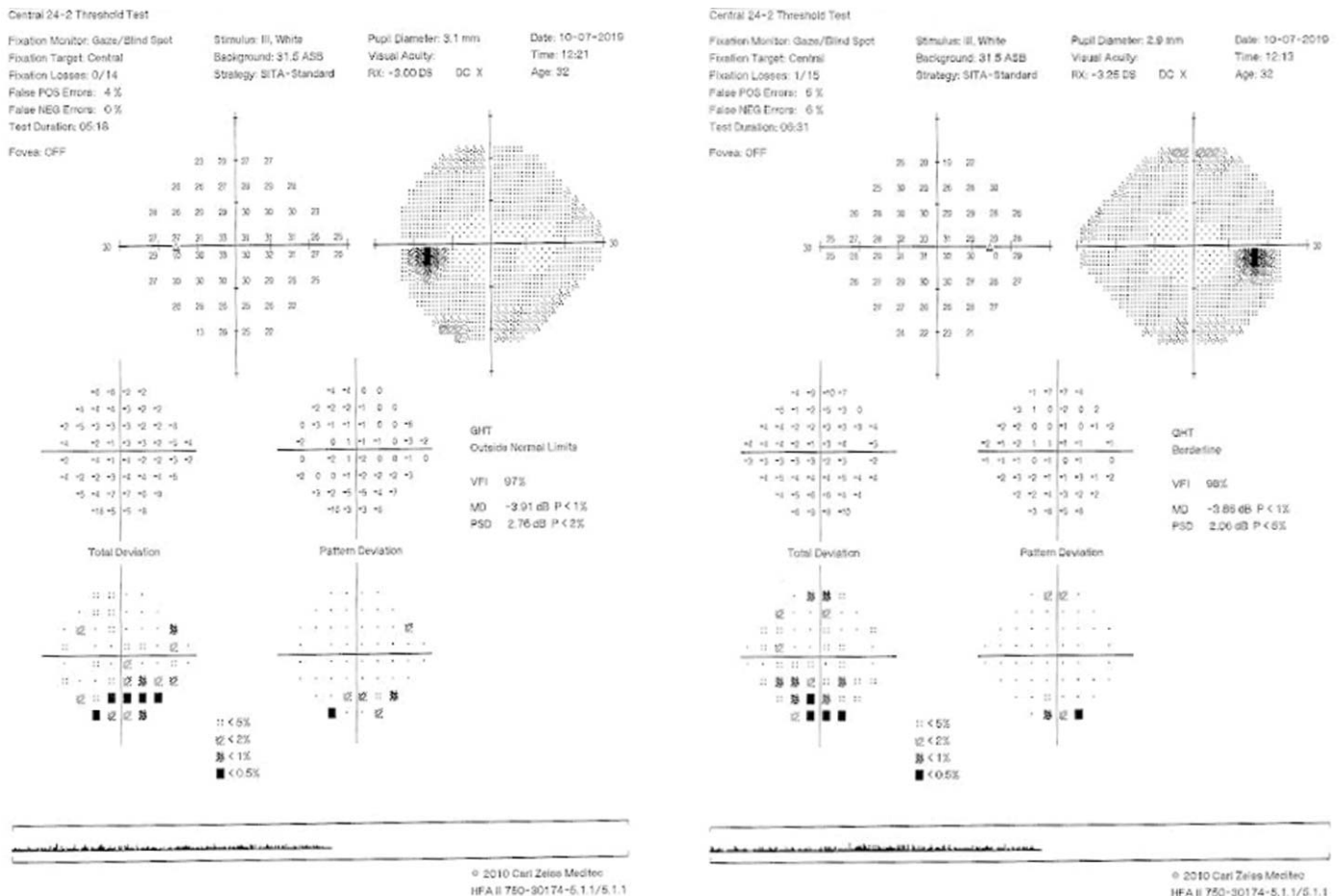
## РЕЗУЛЬТАТЫ

После установления диагноза было продолжено гипотензивное лечение бримонидином и бета-блокатором в инстилляциях. Присоединена противовоспалительная терапия (нестероидные и стероидные препараты местно) для снятия отека цилиарного тела и циклоплегии для восста-



**Рис. 4.** ОКТ Spectralis, Glaucoma Module Premium Edition-GMPE пациентки М. при поступлении: толщина RNFL и GCL — в пределах нормы по сравнению с нормативной базой, глаукомных дефектов не выявлено

**Fig. 4.** OCT Spectralis, Glaucoma Module Premium Edition-GMPE report, patient M, initial visit: RNFL and GCL thickness values are “Within Normal Limits” when compared to the reference databases; no glaucomatous damages detected



**Рис. 5.** Данные статической компьютерной периметрии пациентки М. при поступлении: незначительное общее снижение светочувствительности, единичные патологические точки в данных анализа локальных дефектов

**Fig. 5.** Visual field of patient M. at initial visit showed slight decrease in photosensitivity and single points with reduced sensitivity on the pattern deviation plot

новления правильного положения иридохрусталиковой диафрагмы.

Через сутки после начала лечения ВГД снизилось до 32 мм рт. ст. в правом, до 34 мм рт. ст. в левом глазу, на 2-й день — до 15 мм рт. ст. в правом и 17 мм рт. ст. в левом глазу.

На 4-й день от начала лечения пациентка отметила улучшение некорригированной остроты зрения. Миопический сдвиг сохраняется, но показатели рефракции уменьшились. Острота зрения правого глаза без коррекции 0,1, корригированная 0,9 с коррекцией sph -4,5D cyl -0,25 ax 152. Острота зрения левого глаза без коррекции 0,3, корригированная 0,9 с коррекцией sph -1,75 cyl -0,75 ax 169.

ВГД составило 11 мм рт. ст. в обоих глазах (бесконтактная тонометрия, Reichert 7CR). Оптическая биометрия продемонстрировала уменьшение центральной толщины роговицы на 24 мкм в правом и 21 мкм в левом глазу, увеличение глубины передней камеры — до 3,47 мм справа, 3,68 мм слева. По данным ультразвукового В-сканирования высота круговой отслойки сосудистой оболочки уменьшилась до 0,8–1,0 мм справа, 0,7–1,2 мм слева. На ОКТ переднего отрезка отмечено расширение УПК, восстановление профиля радужки (рис. 6).

Обследование пациентки в рамках общедиagnostического минимума выявило протеинурию, лейкоцит- и эритроцитрию. Оценка наиболее исследуемых маркеров позволила исключить медленную инфекционную (бакте-

риальную и вирусную) патологию. Однако сохраняющаяся лихорадка в сочетании с тошнотой и рвотой не исключала возможную инфекционную природу заболевания. Обследование в клинике инфекционных болезней позволило установить диагноз: «геморрагическая лихорадка с почечным синдромом» — и начать соответствующее лечение.

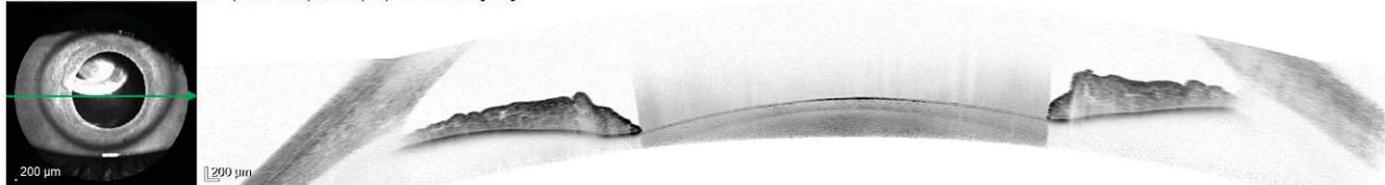
Офтальмологическое обследование на 10-й день выявило полное прилегание сосудистой оболочки по данным ультразвукового В-сканирования. Жалоб на зрение нет, ВГД в норме.

Мы пригласили пациентку спустя полгода после описанных событий. Данные контрольного визита приведены ниже.

Острота зрения правого глаза без коррекции 0,6, корригированная 1,0 с коррекцией sph -1,0 D; острота зрения левого глаза без коррекции 0,8, корригированная 1,0 с коррекцией sph -0,75 cyl -0,5 D.

Данные дополнительного обследования. Биометрия (НАAG STREIT Lenstar 900): правый глаз: глубина передней камеры — 3,96 мм, толщина хрусталика — 3,37 мм, длина оси — 25,28 мм; левый глаз: глубина передней камеры — 3,93 мм, толщина хрусталика — 3,4 мм, длина оси — 24,97 мм. Пахиметрия (биометр НАAG STREIT Lenstar 900): правый глаз — 553 мкм; левый глаз — 555 мкм. При ультразвуковом В-сканировании (Tomey UD 2000) эхографически в стекловидном теле единичные плавающие помутнения, оболочки прилежат. Данные ОКТ переднего

OD, IR 30° ART + OCT 30° (16.7 mm) ART (45) Q: 45 EDI [HR]

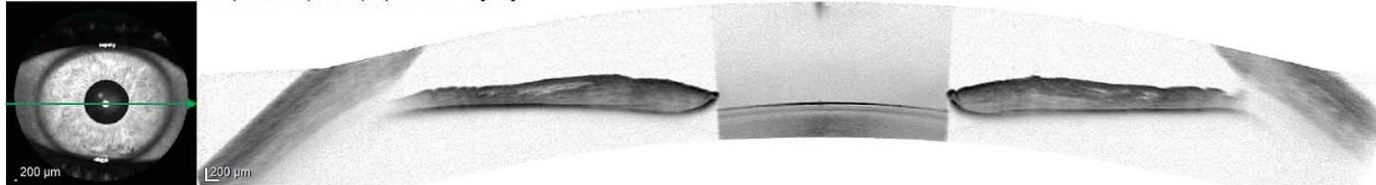


OS, IR 30° ART + OCT 30° (16.7 mm) ART (36) Q: 45 EDI [HR]

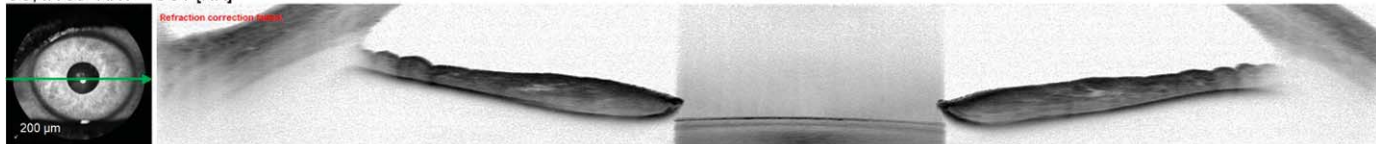


**Рис. 6.** ОКТ переднего отрезка глаза пациентки М. на 4-й день лечения: ширина УПК правого глаза увеличилась до 34°, левого глаза до 41°  
**Fig. 6.** Anterior segment OCT data of patient M. on the 4th day of treatment: anterior chamber angle width of the right eye increased to 34°, anterior chamber angle width of the left eye increased to 41°

OD, IR 30° ART + OCT 30° (16.7 mm) ART (36) Q: 40 EDI [HR]



OS, IR 30° ART + OCT [HR]



**Рис. 7.** ОКТ переднего отрезка пациентки М. на контрольном визите: ширина УПК обоих глаз 41° в височном, 45° в носовом секторе  
**Fig. 7.** Anterior segment OCT data of patient M. at the control visit: the width of anterior chamber angle is 41° in temporal part and 45° in nasal part for both eyes

отрезка представлены на рисунке 7. Данные ОКТ заднего отдела глаза и периметрии продемонстрировали отсутствие признаков ГОН.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Закрытие УПК может привести к повышению ВГД и развитию ГОН. В основе возникновения иридо trabecularного контакта могут лежать различные механизмы [1]. Первичное закрытие УПК чаще всего возникает в глазах гиперметропов старшей возрастной группы, имеющих анатомическую предрасположенность к закрытию угла. В этом случае основной причиной повышения ВГД является зрачковый блок, а основой терапии — препараты, снижающие ВГД, и лазерная периферическая иридотомия. Однако возможно закрытие УПК, обусловленное смещением вперед иридохрусталиковой диафрагмы. В подобных случаях тактика лечения определяется с учетом этиологии, а иридотомия обычно не эффективна. Поскольку закрытие УПК во всех его формах может привести к развитию многочисленных и разнообразных повреждений тканей глаза, своевременная и правильная диагностика и дифференцированное лечение призваны минимизировать потерю зрения. Если гониоскопия была и остается стандартным методом выявления иридохрусталикового контакта, то для дифференциальной диагностики и выяснения причин атипичного

закрытия УПК необходимо использование дополнительных диагностических методов.

В нашем клиническом случае поводами для подозрения на атипичное закрытие угла были: молодой возраст, двусторонний характер процесса, внезапно возникшая миопизация. Выявив при гониоскопии закрытый УПК, мы выполнили оптическую биометрию и определили уменьшение глубины передней камеры и увеличение толщины хрусталика. Ультразвуковое В-сканирование показало круговую отслойку хориоидеи. Весь симптомокомплекс свидетельствовал о наличии у пациентки синдрома хориоидальной эффузии. Применение современных диагностических тестов и методов визуализации позволило выявить непосредственную причину закрытия УПК, а далее — оценивать эффект терапии.

В данном клиническом случае глубина передней камеры после купирования процесса увеличилась на 1,57 мм в правом глазу и 1,66 мм в левом, толщина хрусталика уменьшилась на 0,34 мм в правом и 0,33 мм в левом глазу. Следствием купирования гипертензионного отека стало также уменьшение центральной толщины роговицы с 588 до 553 мкм OD и с 591 до 555 мкм OS. Изменение биометрических параметров сопровождалось полным прилеганием сосудистой оболочки по данным ультразвукового В-сканирования.

Параллельно с неотложно начатым симптоматическим лечением важным представлялся поиск причин хорио-

идальной эффузии: тщательная оценка анамнеза, системного статуса и литературный поиск. Отсутствие хирургических вмешательств в анамнезе и двусторонний характер процесса позволили исключить наиболее частую причину хориоидальной эффузии — оперативное лечение глаукомы [2] и катаракты [3].

В литературе имеются указания на возможность развития двустороннего закрытия УПК на фоне приема системных медикаментов различных фармакологических групп, гипертонического криза, воспалительных и инфекционных заболеваний. В течение последних нескольких десятилетий опубликовано множество сообщений о случаях медикаментозно индуцированной близорукости и закрытия УПК. Большинство из них связаны с использованием препаратов из группы сульфамидов [4, 5]. С учетом возможной этиологической роли препаратов из группы сульфаниламидов, и в частности ацетазоламида, в развитии хориоидальной эффузии [6, 7] мы исключили из гипотензивной терапии ингибиторы карбоангидразы.

В нескольких работах задокументированы нестероидные противовоспалительные средства (НПВС) — аспирин и мефенамовая кислота — как причина лекарственно-индуцированной закрытоугольной глаукомы и миопии [8]. Нимесулид, который наша пациентка принимала в течение нескольких дней до обращения, — НПВС из класса сульфонамидов. Поэтому первое предположение заключалось в том, что мы имеем дело со случаем медикаментозно-индуцированной хориоидальной эффузии. Однако указания на то, что пациентка прежде неоднократно самостоятельно принимала нимесулид по поводу мигрени, заставили продолжить поиск этиологического фактора. Соматический статус (длительная лихорадка в сочетании с тошнотой и рвотой при наличии протеинурии, лейкоцит- и гематурии), анализ данных литературы, сообщения о возможности развития хориоидальной эффузии на фоне эпидемической нефропатии, эндемичность Самарской области по ГЛПС [9] и характерная сезонность заболевания заставили направить пациентку на консультацию и дальнейшее обследование к инфекционисту. В результате был установлен диагноз ГЛСП и начато лечение. ГЛСП — острое природно-очаговое вирусное заболевание, характеризующееся системным поражением мелких сосудов, геморрагическим диатезом, гемодинамическими расстройствами и своеобразным поражением почек по типу острого тубулоинтерстициального нефрита с развитием острой почечной недостаточности [10]. Возбудитель ГЛПС относится к семейству буньявирусов (Bunyaviridae) и принадлежит к самостоятельному роду Hantavirus. Вирусные геморрагические лихорадки (хантавирусные болезни) за последние десятилетия включены в круг весьма актуальных и приоритетных проблем во всем мире, так называемых emerging (новых, непредсказуемых) инфекций, грозящих сложными эпидемическими ситуациями [11, 12]. Диагноз ГЛПС основывается на клинических и эпидемиологических данных и лабораторных исследованиях. Симптомы, которые должны предупредить врача о возможной хантавирусной инфекции, — это высокая температура, головная боль, боли в животе и спине, а также патологические лабораторные данные с лейкоцитозом, тромбоцитопенией, повышенным креатинином сыворотки, протеинурией и гематурией. Однако практически невозможно диагностировать хантавирусные инфекции только по клиническим признакам, особенно в случаях с легкими и умеренными клиническими симптомами, поскольку ранние признаки заболевания неспецифичны.

У пациентов с хантавирусной инфекцией наряду с описанной выше клиникой встречаются и офтальмологические симптомы. Их частота и выраженность варьиабельны и зависят от тяжести и стадии заболевания. Сообщения о поражении глаз включают периокулярную боль, транзиторную миопию, низкое внутриглазное давление, конъюнктивальные и интратринетальные кровоизлияния [13], хемоз конъюнктивы и изменения биометрических параметров. Описаны случаи острого закрытия УПК на фоне ГЛПС.

Снижение остроты зрения и миопизация являются наиболее частыми симптомами [14]. Вирус оказывает токсическое действие на сосуды, что приводит к развитию артериита, повышению проницаемости сосудистой стенки, нарушению микроциркуляции. Вирус также может оказывать прямое повреждающее действие, размножаясь в эндотелиальных клетках капилляров, что также приводит к увеличению проницаемости капилляров и выходу осмотически активного материала и эритроцитов из сосудистого русла. Эти факторы предположительно и приводят к патологическому скоплению жидкости в субретинальном пространстве, отслойке и отеку цилиарного тела с ротацией его вперед, что в свою очередь ведет к смещению вперед иридохрусталиковой диафрагмы, снижению натяжения зонулярных связок и увеличению толщины хрусталика. Увеличение толщины хрусталика и смещение вперед иридохрусталиковой диафрагмы способствуют развитию близорукости и могут привести к закрытию УПК и повышению ВГД [15].

Следует отметить, что в опубликованной литературе офтальмологические проявления хантавирусной инфекции описываются у пациентов с уже установленным диагнозом основного заболевания. Особенностью представленного нами клинического случая стало то, что диагностический поиск, результатом которого явилось выявление значимой общесоматической патологии, был инициирован офтальмологом.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Острое двустороннее закрытие УПК и миопический сдвиг в описанном клиническом случае явились проявлением недиагностированного инфекционного заболевания — ГЛПС. Обследование с применением современных диагностических технологий позволило установить причину клинических проявлений — хориоидальная эффузия и перенное смещение иридохрусталиковой диафрагмы, назначить адекватное лечение и оценить его эффект. Медикаментозное лечение привело к полному разрешению клинических симптомов, а системный подход к анализу возможных причин хориоидальной эффузии позволил выявить основное заболевание. Клиницисту (как офтальмологу, так и врачу общей практики) следует иметь в виду подобные механизмы острого закрытия УПК.

## Литература/References

1. Terminology and guidelines for glaucoma. 5th edition. Br. J. Ophthalmol. 2021 Jun; 105 (Suppl 1): 1–169 doi: 10.1136/bjophthalmol-2021-egsguidelines
2. Iwasaki K., Kakimoto H., Arimura S., et al. Prospective cohort study of risk factors for choroidal detachment after trabeculectomy. Int. Ophthalmol. 2020; 40 (5): 1077–83. <https://doi.org/10.1007/s10792-019-01267-6>
3. Fromberg I., Krause M., Brückner K., et al. Aderhauteffusion nach unkomplizierter Kataraktoperation [Choroidal effusion after uncomplicated cataract surgery]. Klin. Monbl. Augenheilkd. 2008; 225 (6): 591–3. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1027431>
4. Lan Y.W., Hsieh J.W. Bilateral acute angle closure glaucoma and myopic shift by topiramate-induced ciliochoroidal effusion: case report and literature review.



- Int. Ophthalmol. 2018; 38 (6): 2639–48. <https://doi.org/10.1007/s10792-017-0740-y>
5. *Fraunfelder F.T., Fraunfelder F.W.* Drug-induced ocular side effects. Clinical Ocular Toxicology (8th edition). USA: Elsevier; 2020.
  6. *Grigera J.D., Grigera E.D.* Ultrasound biomicroscopy in acetazolamide-induced myopic shift with appositional angle closure. Arq. Bras. Oftalmol. 2017; 80 (5): 327–9. <https://doi.org/10.5935/0004-2749.20170080>
  7. *Hari-Kovacs A., Soos J., Gyetvai T., et al.* Case report on choroidal effusion after oral acetazolamide administration: an unusual manifestation of a well-known idiosyncratic effect? Orv. Hetil. 2017; 158 (50): 1998–2002. <https://doi.org/10.1556/650.2017.30944>
  8. *Kang Y.K., Son B.J., Park D.H., Shin J.P.* Angiographic features of drug-induced bilateral angle closure and transient myopia with Ciliochoroidal effusion. BMC. Ophthalmol. 2019; 19 (1): 213. <https://doi.org/10.1186/s12886-019-1230-y>
  9. *Лобушкина А.В., Стулова М.В., Суздальцев А.А., Константинов Д.Ю., Попова Л.Л.* Клинико-эпидемиологическая характеристика средне-тяжелых форм геморрагической лихорадки с почечным синдромом в Самарской области. Наука и инновации в медицине. 2018; 3 (11): 30–4. [*Liubushkina A.V., Stulova M.V., Suzdaltsev A.A., Konstantinov D.Yu., Popova L.L.* Clinical and epidemiological characteristics of hemorrhagic fever with renal syndrome in the Samara region. Science & Innovations in Medicine. 2018; 3 (11): 30–4 (in Russian)].
  10. *Jiang H., Zheng X., Wang L., et al.* Hantavirus infection: a global zoonotic challenge. Virol. Sin. 2017; 32 (1): 32–43. <https://doi.org/10.1007/s12250-016-3899-x>
  11. *Chandy S., Mathai D.* Globally emerging hantaviruses: An overview. Indian. J. Med. Microbiol. 2017; 35 (2): 165–175. [https://doi.org/10.4103/ijmm.IJMM\\_16\\_429](https://doi.org/10.4103/ijmm.IJMM_16_429)
  12. *Venkatesh A., Patel R., Goyal S., et al.* Ocular manifestations of emerging viral diseases. Eye (Lond). 2021; 35 (4): 1117–39. <https://doi.org/10.1111/1469-0691.12291>
  13. *Mehta S., Jiandani P.* Ocular features of hantavirus infection. Indian J. Ophthalmol. 2007; 55 (5): 378–80. <https://doi.org/10.4103/0301-4738.33827>
  14. *Hautala N., Kauma H., Vapalahti O., et al.* Prospective study on ocular findings in acute Puumala hantavirus infection in hospitalised patients. Brit. J. Ophthalmol. 2011; 95 (4): 559–62. <https://doi.org/10.1136/bjo.2010.185413>
  15. *Zimmermann A., Lorenz B., Schmidt W.* Beidseitiges akutes Engwinkelglaukom im Rahmen einer Hantavirus-Infektion [Bilateral acute angle-closure glaucoma due to an infection with Hantavirus]. Ophthalmologe. 2011; 108 (8): 753–58. <https://doi.org/10.1007/s00347-010-2311-8>

**Вклад авторов в работу:** И.И. Штейнер, Е.Ю. Зубкова, А.В. Золотарев — концепция, анализ литературы и результатов, написание статьи, редактирование.

**Authors' contribution:** I.I. Shteyner, E.Y. Zubkova, A.V. Zolotarev — concept, literature review, writing and editing of the article.

Поступила: 09.02.2022. Переработана: 06.04.2022. Принята к печати: 07.04.2022  
Originally received: 09.02.2022. Final revision: 06.04.2022. Accepted: 07.04.2022

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

ООО «Региональный медицинский центр», пр-т Ленина, д. 1, Самара, 443110, Россия

**Ирина Исаевна Штейнер** — канд. мед. наук, врач-офтальмолог, ORCID 0000-0001-5891-6255

<sup>1</sup> ГБУЗ «СОКОБ им. Т.И. Ерошевского», ул. Ново-Садовая, д. 158, Самара, 443068, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУВО «Самарский государственный медицинский университет», ул. Чапаевская, д. 89, Самара, 443099, Россия

**Елена Юрьевна Зубкова** — врач-офтальмолог, заведующая диагностическим отделением<sup>1</sup>, ORCID 0000-0001-8278-3691

**Андрей Владимирович Золотарев** — д-р мед. наук, доцент, главный врач<sup>1</sup>, зав. кафедрой офтальмологии<sup>2</sup>, ORCID 0000-0002-9107-5221

**Для контактов:** Ирина Исаевна Штейнер,  
iishte@ya.ru

Regional Medical Center, 1, Prospekt Lenina, Samara, 443110, Russia

**Irina I. Shteyner** — Cand. of Med. Sci., ophthalmologist, ORCID 0000-0001-5891-6255

<sup>1</sup> Samara T.I. Eroshevsky Regional Clinical Ophthalmology Hospital, 158, Novo-Sadovaya St., Samara, 443068, Russia

<sup>2</sup> Samara State Medical University of the Ministry of Healthcare of Russia, 89 Chapayevskaya St., Samara, 443099, Russia

**Elena Yu. Zubkova** — ophthalmologist, head of diagnostic department<sup>1</sup>, ORCID 0000-0001-8278-3691

**Andrey V. Zolotarev** — Dr. of Med. Sci., chief physician<sup>1</sup>, associate professor, head of chair of ophthalmology<sup>2</sup>, ORCID 0000-0002-9107-5221

**Contact information:** Irina I. Shteyner,  
iishte@ya.ru