



Том 25, спецвыпуск, 2025

ISSN 2311-7729 (Print)
ISSN 2619-1571 (Online)

Клиническая офтальмология

Russian Journal of **Clinical Ophthalmology**

Общероссийская общественная организация
«Российское общество офтальмологов-глаукоматологов»



Спецвыпуск

К 35-ЛЕТИЮ ОРЕНБУРГСКОГО ФИЛИАЛА
ФГАУ «НМИЦ «МНТК «МИКРОХИРУРГИЯ ГЛАЗА»
ИМ. АКАД. С.Н. ФЕДОРОВА» МИНЗДРАВА РОССИИ

X	X	X	V
X	X	X	V
X	X	X	V
X	X	X	V
x	x	x	v
x	x	x	v





Том 25, Special Issue, 2025

ISSN 2311-7729 (Print)
ISSN 2619-1571 (Online)

КЛИНИЧЕСКАЯ ОФТАЛЬМОЛОГИЯ

Russian Journal of **Clinical Ophthalmology**

Russian Society of Glaucoma Specialists



Special Issue

TO THE 35TH ANNIVERSARY OF THE
ORENBURG BRANCH OF THE S. FYODOROV EYE
MICROSURGERY FEDERAL STATE INSTITUTION

X	X	X	V
X	X	X	V
X	X	X	V
X	X	X	V
x	x	x	v
x	x	x	v



Главный редактор: ЕГОРОВ Евгений Алексеевич
(профессор, президент Российского глаукомного общества, Москва, Россия)

Зам. главного редактора: КУРОЕДОВ Александр Владимирович
(д.м.н., профессор кафедры, Москва, Россия)

Редакционная коллегия

БИКБОВ Мухаррам Мухтарамович, чл.-корр. АН РБ, профессор,
Уфа, Россия

БОТАБЕКОВА Турсунгуль Кобжасаровна, академик НАН РК,
профессор, Алматы, Казахстан

БРЖЕСКИЙ Владимир Всеволодович, профессор, Санкт-Петербург,
Россия

БРОВКИНА Алевтина Федоровна, академик РАН, профессор,
Москва, Россия

ВЕСЕЛОВСКАЯ Зоя Федоровна, академик НАМН Украины,
профессор, Киев, Украина

ЗОЛОТАРЕВ Андрей Владимирович, профессор, Самара, Россия

ЕГОРОВ Алексей Евгеньевич, профессор, Москва, Россия

ЕРИЧЕВ Валерий Петрович, профессор, вице-президент
Российского глаукомного общества, Москва, Россия

ИВАНОВА Нанули Викторовна, профессор, Симферополь, Россия

КАСИМОВ Эльмар Мустафа Оглы, чл.-корр. НАНА, профессор,
Баку, Азербайджан

МОШЕТОВА Лариса Константиновна, академик РАН, профессор,
Москва, Россия

СИДОРЕНКО Евгений Иванович, чл.-корр. РАН, профессор, Москва,
Россия

СТРАХОВ Владимир Витальевич, профессор, Ярославль, Россия

ТАХЧИДИ Христо Периклович, академик РАН, профессор, Москва,
Россия

ЧЕРНЫХ Валерий Вячеславович, профессор, Новосибирск, Россия

ЩУКО Андрей Геннадиевич, профессор, Иркутск, Россия

DADA Tanuj, Professor of Ophthalmology, New Dehli, India

HARRIS Alon, Professor of Ophthalmology, Indiana, USA

HOLLÓ Gabor, Professor of Ophthalmology, Budapest, Hungary

PFEIFFER Norbert, Professor of Ophthalmology, Mainz, Germany

SHAARAWY Tarek, Ass. Professor of Ophthalmology, Geneva,
Switzerland

THYGESEN John, Professor of Ophthalmology, Copenhagen, Denmark

TRAVERSO Carlo, Professor of Ophthalmology, Genova, Italy

КЛИНИЧЕСКАЯ ОФТАЛЬМОЛОГИЯ

научно-клиническое рецензируемое издание

Том 25 (спецвыпуск), 2025

Учредитель ООО "Русский Медицинский Журнал"

Издатель и редакция ООО "Медицина-Информ"

Адрес: 117628, г. Москва, ул. Ратная, д. 8 Телефон: +7(495) 545-09-80; факс: +7(495) 267-31-55

Электронная почта: postmaster@doctormedia.ru

URL: <https://clinophth.com/>

Главный редактор: профессор Е.А. Егоров
Научные редакторы: к.м.н. Ж.Г. Оганезова,
М.В. Челюканова
Редактор-корректор: Т.В. Дека
Дизайн: Д.Б. Баранов,
Ю.М. Тарабрина
Распространение: М.В. Казаков, Е.В. Федорова
Техническая поддержка и версия в Интернет: К.В. Богомазов

Отпечатано: ООО «Вива-Стар» Адрес: 107023, г. Москва, ул. Электrozаводская, д. 20, стр. 3
Заказ № 362417. Тираж 200 экз.

Распространяется по подписке (индекс 57971). Свободная цена

Зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роском-надзор). Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ №ФС77-73422 от 03 августа 2018 года

Журнал является научно-клиническим рецензируемым изданием. В связи с чем на него не распространяются требования Федерального закона от 29.12.2010 436-ФЗ «О защите детей от информации, причиняющей вред их здоровью и развитию»

Журнал входит в базу данных Scopus и Перечень ВАК

Импакт-фактор РИНЦ 2023 — 1,200

▲ — на правах рекламы

Дата выхода в свет 23.04.2025

Содержание

ЗАБОЛЕВАНИЯ ПЕРЕДНЕГО ОТДЕЛА ГЛАЗА

Оптимизированный подход к имплантации роговичных сегментов на основе математического моделирования

Е.Г. Солодкова, С.Б. Измайлова, И.Н. Захаров,
В.П. Фокин, С.В. Балалин, Е.В. Лобанов,
В.А. Сиволобов, В.Х. Лэ

7

Нейросетевая модель для адекватной оценки внутриглазного давления на основе пневмотонометрии у пациентов, ранее перенесших переднюю радиальную кератотомию

Н.А. Кулешова, Я.Е. Пашенцев, Е.Л. Сорокин

19

Оценка противовоспалительной эффективности комбинированной терапии фторметолоном и тобрамицином у пациентов после факоэмульсификации катаракты в сравнении с комбинированной терапией дексаметазоном и тобрамицином

В.А. Трубников, А.С. Фирсов, В.Л. Ким,
Э.А. Петросян, Ю.С. Кувайцева

27

Качество жизни пациентов с катарактой до и после имплантации интраокулярных линз с увеличенной глубиной фокуса

Н.А. Жедяле, В.А. Трубников, О.Я. Пикина

32

Многолетний опыт хирургического удаления иридоцилиарных опухолей с последующей имплантацией иридохрусталиковых диафрагм

А.А. Яровой, Н.П. Соболев,
А.В. Шацких, А.Д. Матяева

37

Врожденная и ятрогенная патология глазодвигательных мышц — хирургическая реабилитация (обзор литературы)

Ю.И. Трилюдина, О.А. Шелихова, А.Г. Заболотный

43

Посткератотомический статус и возможности его коррекции

А.А. Петухова, С.Ю. Копаев,
А.А. Трошина, Ю.В. Григорьева

49

Кольцо Зоммеринга как источник проблем отдаленного периода хирургии катаракты (обзор литературы)

Е.А. Рагозина, Е.В. Егорова,
О.В. Ермакова, А.О. Диреев

54

ЗАБОЛЕВАНИЯ ЗАДНЕГО ОТДЕЛА ГЛАЗА

Оптическая когерентная томография в дифференциальной диагностике открытоугольной глаукомы и неартериитной ишемической оптической нейропатии

С.И. Жукова, Д.Ю. Самсонов, Т.В. Прозорова

60

Анализ вариантов течения пролиферативной диабетической ретинопатии, влияющих на эффективность лечения: стандартизация или индивидуальный подход?

С.В. Сдобникова

67

Комплексный подход в лечении хронической формы центральной серозной хориоретинопатии с использованием комбинированной лазерной терапии

А.Ю. Тихонова, Н.А. Поздеева

76

Первый опыт применения фрагмента внутренней пограничной мембраны и обогащенной тромбоцитами аутоплазмы без тампонады витреальной полости в хирургии сквозного макулярного разрыва (предварительные результаты)

Н.М. Шилов, А.В. Терещенко, М.А. Плахотный,
Н.Н. Юдина, С.В. Новиков, С.Ж. Кабулдинова

82

Пересадка аутологичного пигментного эпителия сетчатки в лечении неоваскулярной возрастной макулярной дегенерации, осложненной обширным субретинальным кровоизлиянием

С.В. Сосновский, Э.В. Бойко, А.А. Суетов,
Т.А. Докторова, Д.И. Шумова

90

Первичная эндорезекция меланомы хориоидеи: результаты 10 лет применения

А.А. Яровой, И.М. Горшков, В.А. Яровая,
В.И. Мирошников, Д.П. Володин

98

Аутосомно-рецессивная форма наследственной оптической нейропатии Лебера (мутация в гене *DNAJC30*): клиническое наблюдение

А.Д. Чупров, Е.А. Пидодный

104

ДЕТСКАЯ ОФТАЛЬМОЛОГИЯ

Результаты применения метода биологической обратной связи в лечении детей с амблиопией

А.Е. Воронина, Э.А. Петросян

110

Интраокулярные хирургические вмешательства у детей, перенесших лечение по поводу ретинобластомы: отдаленные результаты

А.А. Яровой, Д.П. Володин, А.С. Алексеев,
В.А. Яровая, И.Г. Осокин, И.М. Горшков

116

ОТ НАУКИ К ПРАКТИКЕ

Новая модель временного кератопротеза

А.Д. Чупров, А.А. Горбунов, И.Н. Дмитриев,
И.М. Ярцев, В.А. Трубников, Д.А. Раздобреев,
Ю.А. Щербанова, А.С. Максютин

123

Экспериментальное исследование контактного и бесконтактного воздействия ультразвука на различные виды интраокулярных линз при проведении факоэмульсификации фрагмента ядра над поверхностью интраокулярных линз

Е.С. Пирогова, О.Л. Фабрикантов, С.И. Николашин,
С.В. Шутова, К.В. Товмач, И.Д. Кузиев

131

Оценка физических свойств силиконового масла без видимых признаков эмульгации после тампонады витреальной полости

А.Д. Чупров, С.Н. Летуа, Д.А. Раздобреев,
А.С. Фирсов, О.В. Маршинская, Т.В. Казакова

137

Editor-in-Chief: Evgeniy A. EGOROV
(Professor, Russian Glaucoma Society President, Moscow, Russia)

Deputy Editor-in-Chief: Aleksandr V. KUROYEDOV
(Professor of Ophthalmology Department, Moscow, Russia)

Editorial board

Mukharram M. BIKBOV, Professor, Corresponding Member of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan, Ufa, Russia
Tursungul K. BOTABEKOVA, Academician of the National Academy of Medical Sciences of Kazakhstan, Professor, Almaty, Kazakhstan
Vladimir V. BRZHESKIY, Professor, St. Petersburg, Russia
Alevtina F. BROVKINA, Academician of the Russian Academy Sciences, Professor, Moscow, Russia
Zoya F. VESELOVSKAYA, Academician of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Professor, Kiev, Ukraine
Andrey V. ZOLOTAREV, Professor, Samara, Russia
Aleksey E. EGOROV, Professor, Moscow, Russia
Valeriy P. ERICHEV, Professor, Russian Glaucoma Society Vice-President, Moscow, Russia
Nanuli V. IVANOVA, Professor, Simferopol, Russia
Elmar M. O. KASIMOV, Corresponding Member of the Azerbaijan National Academy of Sciences, Professor, Baku, Azerbaidzhan
Larisa K. MOSHETOVA, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Evgeniy I. SIDORENKO, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor, Moscow, Russia
Vladimir V. STRAKHOV, Professor, Yaroslavl, Russia
Khristo P. TAKHCHIDI, Academician of the Russian Academy of Sciences, professor, Moscow, Russia
Valeriy V. CHERNYKH, Professor, Novosibirsk, Russia
Andrey G. SHCHUKO, Professor, Irkutsk, Russia
DADA Tanuj, Professor of Ophthalmology, New Dehli, India
HARRIS Alon, Professor of Ophthalmology, Indiana, USA
HOLLO' Gabor, Professor of Ophthalmology, Budapest, Hungary
PFEIFFER Norbert, Professor of Ophthalmology, Mainz, Germany
SHAARAWY Tarek, Ass. Professor of Ophthalmology, Geneva, Switzerland
THYGESEN John, Professor of Ophthalmology, Copenhagen, Denmark
TRAVERSO Carlo, Professor of Ophthalmology, Genova, Italy

RUSSIAN JOURNAL OF CLINICAL OPHTHALMOLOGY

Vol. 25, Special Issue, 2025

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

Address: 8, Ratnaya str., Moscow, 117628, Russian Federation **Phone:** +7 (495) 545-09-80; fax: +7(495) 267-31-55
E-mail: postmaster@doctormedia.ru
URL: <https://clinopht.com/>

Editor-in-Chief: Evgeniy A. Egorov
Scientific editors: Janna G. Oganezova,
Marina V. Chelyukanova
Proof-reader: Tat'yana V. Deka
Design: Dmitry B. Baranov,
Yuliya M. Tarabrina
Distribution: Mikhail V. Kazakov, Elena V. Fedorova
Technical support and Internet version: Konstantin V. Bogomazov

Printed: LLC «Viva Star» Address: 20-3, Elektrozavodskaya str., Moscow, 107023, Russian Federation
Order No. 362417. Circulation of 200 copies

Distributed by subscription (index 57971). Open price

Media outlet's registration certificate PI No. FS77-73422 issued by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media (Roskomnadzor) on August 03, 2018

This journal is a scientific issue for doctors. As a result, the requirements of the Federal law No. 436-FZ "On Protection of Children from Information Harmful to Their Health and Development" do not apply to this journal"

The Journal is indexed in Scopus

Date of issue: 23/04/2025

Contents

ANTERIOR EYE SEGMENT DISEASES

Streamlined approach to corneal ring implantation based on mathematical modeling

E.G. Solodkova, S.B. Izmailova, I.N. Zakharov,
V.P. Fokin, S.V. Balalin, E.V. Lobanov,
V.A. Sivolobov, V.H. Le 7

Pneumotometry-based neural network model for appropriate measurement of intraocular pressure in patients who underwent anterior radial keratotomy

N.A. Kuleshova, Ia.E. Pashentsev, E.L. Sorokin 19

Evaluation of anti-inflammatory efficacy of a combination therapy (fluorometholone + tobramycin) in patients underwent cataract phacoemulsification as compared with those received another combination therapy (dexamethasone + tobramycin)

V.A. Trubnikov, A.S. Firsov, V.L. Kim,
E.A. Petrosyan, Yu.S. Kuvaitseva 27

Quality of life in cataract patients before and after implantation of intraocular lenses with extended depth of focus

N.A. Zhediale, V.A. Trubnikov, O.Ya. Pikina 32

Long-term experience of surgical removal of iridociliary tumors followed by iridolenticular diaphragm implantation

A.A. Yarovoy, N.P. Sobolev,
A.V. Shatskikh, A.D. Matyaeva 37

Congenital and iatrogenic abnormalities of oculomotor muscles — surgical rehabilitation (literature review)

Yu.I. Trilyudina, O.A. Shelikhova, A.G. Zabolotniy 43

Postkeratotomy status and its potential management

A.A. Petukhova, S.Yu. Kopaev,
A.A. Troshina, Yu.V. Grigoryeva 49

Sommering ring as a source of problems in long-term outcomes of cataract surgery (literature review)

E.A. Ragozina, E.V. Egorova,
O.V. Ermakova, A.O. Direev 54

POSTERIOR EYE SEGMENT DISEASES

Optical coherence tomography in differential diagnosis of open-angle glaucoma and non-arteritic ischemic optical neuropathy

S.I. Zhukova, D.Yu. Samsonov, T.V. Prozorova 60

Analysis of proliferative diabetic retinopathy variants affecting the treatment efficiency: standardization or personalized approach?

S.V. Sdobnikova 67

Integrated method to the treatment of chronic central serous chorioretinopathy using combined laser therapy

A.Yu. Tikhonova, N.A. Pozdeeva 76

The first use of an internal limiting membrane fragment and platelet-rich plasma in surgery for a full thickness macular hole without vitreous tamponade (preliminary results)

N.M. Shilov, A.V. Tereshchenko, M.A. Plakhotnii,
N.N. Yudin, S.V. Novikov, S.Zh. Kabuldinova 82

Autologous retinal pigment epithelium grafting in the context of therapy for neovascular age-related macular degeneration complicated by major subretinal hemorrhage

S.V. Sosnovskii, E.V. Boiko, A.A. Suetov,
T.A. Doktorova, D.I. Shumova 90

Primary endoresection of choroidal melanoma: 10-year experience results

A.A. Yarovoy, I.M. Gorshkov, V.A. Yarovaya,
V.I. Miroshnikov, D.P. Volodin 98

Autosomal recessive Leber hereditary optic neuropathy (DNAJC30 mutation): case report

A.D. Chuprov E.A. Pidodnii 104

PEDIATRIC OPHTHALMOLOGY

Biofeedback method to treat pediatric amblyopia: outcomes

A.E. Voronina, E.A. Petrosyan 110

Intraocular surgery in children with pretreated retinoblastoma: long-term results

A.A. Yarovoy, D.P. Volodin, A.S. Alekseev,
V.A. Yarovaya, I.G. Osokin, I.M. Gorshkov 116

FROM SCIENCE TO PRACTICE

New model of temporary keratoprosthesis

A.D. Chuprov, A.A. Gorbunov, I.N. Dmitriev,
I.M. Yartsev, V.A. Trubnikov, D.A. Razdobreev,
Yu.A. Shcherbanova, A.S. Maksyutov 123

Experimental study of non-contact and contact ultrasonic impact on various types of intraocular lenses (IOLs) during phacoemulsification of a nuclear fragment over the IOL surface

E.S. Pirogova, O.L. Fabrikantov, S.I. Nikolashin,
S.V. Shutova, K.V. Tovmach, I.D. Kuziev 131

Evaluation of physical properties of silicone oil without visible signs of emulsification after vitreal cavity tamponade

A.D. Chuprov, S.N. Letuta, D.A. Razdobreev,
A.S. Firsov, O.V. Marshinskaia, T.V. Kazakova 137

35 лет на страже зрения: юбилей Оренбургского филиала МНТК «Микрохирургия глаза»



Уважаемые читатели! Мы рады представить вам специальный выпуск РМЖ «Клиническая офтальмология», который приурочен к 35-летию Оренбургского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России.

Оренбургский филиал за более чем три десятилетия своего существования прошел впечатляющий путь развития. С момента основания коллектив филиала уверенно осваивал передовые методы хирургии глаза, внедряя инновационные диагностические и терапевтические подходы. Благодаря неустанным научным изысканиям специалистов филиала, а также целенаправленной работе по обмену опытом удалось достичь высоких результатов, которые служат эталоном в российской офтальмологии. Сегодня основными направлениями работы коллектива остаются микрохирургические операции всех уровней сложности, разработка новых технологий восстановления и сохранения зрения, а также активная исследовательская деятельность, задающая вектор развития офтальмологической науки.

Этот юбилей — повод гордиться пройденным путем и формировать будущее. Ведь успехи Оренбургского филиала не ограничиваются локальными результатами; он входит в большую «семью» «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова», где тесное взаимодействие разных подразделений позволяет умножать накопленные знания и добиваться все более значимых достижений. Именно поэтому в данном выпуске собраны статьи не только сотрудников Оренбургского филиала, но и наших коллег из других филиалов и федеральных офтальмологических центров. Мы уверены, что подобное единение способствует укреплению преемственности поколений, формирует основы для совместных разработок и стимулирует дальнейший прогресс всей системы МНТК.

Пусть материалы этого специального выпуска РМЖ «Клиническая офтальмология» станут для вас источником новых знаний, помогут рождению новых идей и укрепят сотрудничество между профессионалами в области офтальмологии. Надеемся, что знакомство с успехами Оренбургского филиала и других филиалов МНТК «Микрохирургия глаза» вдохновит вас на новые подходы в сохранении и восстановлении зрения ваших пациентов. Мы искренне рады, что, отмечая 35-летний юбилей нашей клиники, можем поделиться с вами лучшими достижениями и идеями, чтобы вместе делать все возможное для сохранения здоровья людей!

**Директор Оренбургского филиала
ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза»
им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России,
д.м.н., профессор Чупров Александр Дмитриевич**

DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-1

Оптимизированный подход к имплантации роговичных сегментов на основе математического моделирования

Е.Г. Солодкова¹, С.Б. Измайлова², И.Н. Захаров³, В.П. Фокин¹, С.В. Балалин¹, Е.В. Лобанов¹, В.А. Сиволобов¹, В.Х. Лэ³

¹Волгоградский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Волгоград, Российская Федерация

²ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Москва, Российская Федерация

³ВолГТУ, Волгоград, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: анализ результатов применения персонализированного подхода к имплантации интрастромальных сегментов (ИСС), основанного на оптимизации выбора их размеров и положения, а также прогнозирование результатов хирургического лечения прогрессирующего кератоконуса с помощью математической модели роговицы конкретного пациента.

Материал и методы: моделирование биомеханики роговицы с кератоконусом при внешних диагностических воздействиях проводили с использованием программного обеспечения COMSOL Multiphysics®. На основе расчета методом конечных элементов получены трехмерные картины распределения интенсивностей напряжений и деформаций в объеме роговицы. Сопоставление их с основными топографическими и томографическими картами Pentacam AXL и данными Corvis ST (OCULUS Optikgeräte GmbH, Германия) позволило определить локализацию, размеры и выраженность снижения биомеханических свойств ослабленных участков роговицы, построен «цифровой двойник» роговицы, с помощью которого выбирался наилучший вариант размера и положения ИСС. Планируемое положение роговичного тоннеля достигалось с использованием автоматической разметки на роговице с помощью эксимерного лазера. Таким образом было прооперировано 30 человек (30 глаз) с кератоконусом II и III стадий по классификации Amsler — Krumeich. Эффективность и безопасность предложенной методики оценивали в сравнении с результатами стандартной методики имплантации ИСС по номограмме Kerating у 20 пациентов (20 глаз) с кератоконусом II и III стадий.

Результаты исследования: результаты цифрового планирования операции совпали с полученными после хирургического лечения, эффективность предложенного подхода подтверждена улучшением максимальной корригированной остроты зрения, некорригированной остроты зрения ($p < 0,001$), снижением значений $K_{\max}$ и RMS ($p < 0,05$), более выраженными после применения модифицированной методики имплантации ИСС.

Выводы: за счет изменения размеров и положения роговичного сегмента можно гибко управлять топографическими и томографическими характеристиками роговицы, обеспечивая их наилучшее соответствие целевым показателям после операции.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: кератоконус, интрастромальные сегменты, математическая модель роговицы.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Солодкова Е.Г., Измайлова С.Б., Захаров И.Н., Фокин В.П., Балалин С.В., Лобанов Е.В., Сиволобов В.А., В.Х. Лэ. Оптимизированный подход к имплантации роговичных сегментов на основе математического моделирования. Клиническая офтальмология. 2025;25(спецвыпуск):7–18. DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-1

Streamlined approach to corneal ring implantation based on mathematical modeling

E.G. Solodkova¹, S.B. Izmailova², I.N. Zakharov³, V.P. Fokin¹, S.V. Balalin¹, E.V. Lobanov¹, V.A. Sivolobov¹, V.H. Le³

¹Volgograd Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Volgograd, Russian Federation

²S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Moscow, Russian Federation

³Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation

ABSTRACT

Aim: to analyze results of application of personalized approach to implantation of intracorneal rings (ICR). The technique is based on tailored choice of their size and position, as well as prediction of progressive keratoconus surgery outcomes using a mathematical model of a particular patient's cornea.

Patients and Methods: biomechanical properties of the cornea with keratoconus under external diagnostic procedures were simulated by COMSOL Multiphysics® software. According to the finite element method, three-dimensional images demonstrating distribution of tension and deformity intensities throughout the cornea were obtained. As a result of their comparison with the basic topographic and tomographic maps (Pentacam AXL) along with Corvis ST data (OCULUS Optikgeräte GmbH, Germany), localization, dimensions and severity of deterioration of biomechanical properties of weakened corneal areas were determined. A "digital twin" of the cornea was plotted to select the best option of the ICR's size and position. A scheduled position of the corneal tunnel was achieved by automatic marking on the cornea with an excimer laser. Thus, 30 patients (30 eyes) with keratoconus (stages II and III according to Amsler-Krumeich classification) underwent the surgical

intervention. Efficacy and safety of the proposed technique were compared with outcomes of the conventional ICR implantation technique as per the Keraring nomogram in 20 patients (20 eyes) with keratoconus (stages II and III).

Results: results of digital planning of the surgery coincided with post-surgical outcomes. Efficacy of the proposed approach was confirmed by improved BCVA and UCVA ($p < 0.001$), as well as by decreased $K_{\max}$ and RMS values ($p < 0.05$) that were more pronounced after the modified technique of ICR implantation.

Conclusions: due to modified size and position of a corneal ring, it is possible to control topographic and tomographic corneal characteristics in a flexible way ensuring their best compliance with the target post-surgical parameters.

KEYWORDS: keratoconus, intracorneal rings, mathematical model of the cornea.

FOR CITATION: Solodkova E.G., Izmailova S.B., Zakharov I.N., Fokin V.P., Balalin S.V., Lobanov E.V., Sivolobov V.A., V.H. Le. Streamlined approach to corneal ring implantation based on mathematical modeling. *Russian Journal of Clinical Ophthalmology*. 2025;25(Special Issue):7–18 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-1

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время разработаны перспективные кератостабилизирующие операции, в частности интрастромальная имплантация полуколец из полиметилметакрилата в предварительно сформированный круговой тоннель с внутренним диаметром 5,0 мм [1–4]. С.Б. Измайловой [5] предложен алгоритм выбора тактики хирургического лечения прогрессирующих кератэктазий, согласно которому интраламеллярную кератопластику с имплантацией роговичных сегментов следует проводить для стабилизации начальных и развитых стадий эктатического процесса и одновременного повышения зрительных функций. На сегодняшний день роговичные туннели для имплантации интракорнеальных полуколец создаются как механическим способом, так и с использованием фемтосекундных технологий [6, 7]. Имплантация интрастромальных сегментов (ИСС) не способна восстановить полностью биомеханическую и структурную целостность роговицы при кератоконусе [8], но при правильном расположении ИСС возможно уменьшение иррегулярности роговицы, что позволяет существенно улучшить некорригированную остроту зрения (НКОЗ), максимально корригированную остроту зрения (МКОЗ), уменьшить сферозэквивалент рефракции, а также снизить уровень аберраций высокого порядка [9, 10].

Несмотря на существование практических рекомендаций и номограмм производителей [11–13] для выбора ИСС в зависимости от сочетания оптических, рефракционных, кератотопографических параметров роговицы пациента, в ряде случаев имплантация ИСС не дает рефракционно-го эффекта и даже может сопровождаться ухудшением зрения пациента после операции, а также осложнениями в виде миграции, экструзии и протрузии сегментов, отека ткани, кератита и т. д. [14]. Во многом это связано с принципиальной невозможностью учета индивидуальных особенностей геометрии, строения и свойств роговицы пациента в рамках некоторого универсального подхода.

Описание при помощи компьютерных моделей изменений в топографии, динамике и биомеханике кератоконической роговицы для различных вариантов имплантации ИСС (с точки зрения их конструкции, геометрии, позиционирования и процедуры внедрения) существенно расширяет возможности оптимизации оптических, рефракционных параметров роговицы и ее механобиологического состояния после лечения [15–20]. Кроме этого, цифровое планирование операции на геометрически и биомеханически персонализированной для данного пациента численной модели роговицы позволяет повысить безопасность и эффективность хирургической операции [21–24].

В этой связи следует ожидать в ближайшее время роста количества исследований, посвященных разработке и ис-

пользованию математических моделей для описания процессов имплантации ИСС. Однако сегодня количество публикаций по данной тематике еще сравнительно невелико (среди общего числа публикаций по моделям роговицы при различных воздействиях) как в отечественных, так и в зарубежных изданиях [25–28].

Нерешенной на сегодняшний день остается задача точного переноса рекомендуемого положения роговичного сегмента, которое определили и выбрали с помощью цифрового планирования, на роговицу пациента. Известные способы маркировки роговичных ориентиров выполняются вручную в положении сидя, что влияет на точность топографической разметки [29, 30]. Использование цифровой разметочной системы более эффективно [31], но ограничено отсутствием подобного диагностического оборудования в ряде медицинских организаций, а также сохранением необходимости мануальной разметки на этапе операции.

Вышеизложенное придает особую актуальность пациентоориентированным методикам лечения заболеваний, основывающимся на совместном использовании данных инструментального обследования пациента и персонализированных компьютерных (конечно-элементных) моделей роговицы, построенных на их основе [15, 16].

Цель исследования: анализ результатов применения персонализированного подхода к имплантации ИСС, основанного на оптимизации выбора их размеров и положения, а также прогнозирование результатов хирургического лечения прогрессирующего кератоконуса с помощью математической модели роговицы конкретного пациента.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

На всех этапах исследования соблюдались принципы, изложенные в Хельсинкской декларации, от всех участников было получено информированное письменное согласие. Протокол исследования получил одобрение комитета по медицинской этике Волгоградского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России 22 сентября 2023 г.

Исследование включало следующие этапы:

1. Математическое моделирование механического поведения роговицы под действием внутриглазного давления (ВГД) и воздушного импульса как в норме, так и при кератоконусе, в том числе при его различных кератотопографических паттернах, выполненное на основании данных обследования с помощью Pentacam AXL и Corvis ST 174 глаз 174 здоровых лиц с нормальной роговицей с различной рефракцией и 92 глаз 92 пациентов с I–III стадиями кератоконуса (по классификации Amsler — Krumeich). Более под-

робно характеристика указанных групп представлена в таблице 1.

2. Моделирование вариантов операции и их результатов на «цифровом двойнике роговицы».
3. Разработка методики персонализированной роговичной разметки для определения положения ИСС.
4. Проспективный сравнительный анализ результатов разработанных вариантов лечения 30 пациентов (30 глаз, основная группа) и результатов стандартной методики имплантации ИСС по номограмме Keraring 20 пациентов (20 глаз, контрольная группа) с прогрессирующим кератоконусом II и III стадии (по классификации Amsler — Krumeich) в клинике Волгоградского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России.

Возрастной и гендерный состав исследуемых групп представлен в таблице 2. Сроки наблюдения: до операции, 1-е сутки, 1 мес., 6 мес. и 1 год после операции.

Для оценки результатов до и после операции на сроках наблюдения всем пациентам проводили расширенное офтальмологическое обследование, включающее, кроме стандартных методов исследования, оптическую когерентную томографию (ОКТ) роговицы на когерентном томографе Solix (Optovue, США), регистрацию гистоморфологических изменений роговицы и определение

плотности эндотелиальных клеток (ПЭК) с помощью конфокальной микроскопии (Confoscan 4, Nidek, Япония). С помощью Pentacam AXL и Corvis ST (OCULUS Optikgeräte GmbH, Германия) оценивали максимальное значение кератометрии ($K_{\max}$) и показатель жесткости роговицы (Stiffness Parameter (SP-A1)).

На 1-м и 2-м этапах исследования для каждого пациента с использованием системы компьютерного моделирования Comsol Multiphysics была построена и изучена геометрически и биомеханически персонализированная конечно-элементная модель роговицы, описывающая изменения ее топографии, биомеханических свойств, напряженно-деформированного состояния при внешних воздействиях в ходе диагностики и хирургического лечения [14, 15].

На основе интерполяции экспортированных данных Pentacam AXL обследования конкретного пациента воспроизводилась трехмерная геометрия передней и задней поверхностей роговицы с формированием твердотельной и конечно-элементной модели.

Полученная 3D-модель далее использовалась для расчетной идентификации биомеханических характеристик материала роговицы с поиском закона их распределения в интактной части и в зонах эктазии. В качестве исковых рассматриваются коэффициенты жесткости c_1 , c_2 , c_3 гиперупругого материала, а также значения максимального относительного снижения жесткости $\psi_i^{\max}$ в зоне кератокон-

Таблица 1. Демографические характеристики групп пациентов на этапе математического моделирования механического поведения роговицы под действием ВГД

Table 1. Demographic characteristics of the study groups at the stage of mathematical modeling of mechanical corneal behavior affected by IOP

Характеристика Characteristics	Норма (n=174) Normal subjects (n=174)	Кератоконус I стадии (n=27) Keratoconus stage I (n=27)	Кератоконус II стадии (n=44) Keratoconus stage II (n=44)	Кератоконус III стадии (n=21) Keratoconus stage III (n=21)
Возраст, годы Age, years				
медиана / median	29,0 ¹	29,0 ²	30,0 ³	26,0 ⁴
[Q1; Q3]	[23,0; 38,0]	[25,0; 33,0]	[29,0; 34,0]	[24,0; 30,0]
min-max	18,00-45,00	18,00-37,00	17,00-42,00	19,00-47,00
Пол, n (%) / Sex, n (%)				
женский / women	70 (40,22)	7 (25,92)	13 (29,54)	10 (47,61)
мужской / men	104 (60,78)	20 (74,08)	31 (70,45)	11 (52,38)

Примечание. $p_{1-2}=0,47$, $p_{1-3}=0,89$, $p_{1-4}=0,17$ при оценке с использованием U-тест Манна — Уитни.

Note. $p_{1-2}=0.47$, $p_{1-3}=0.89$, $p_{1-4}=0.17$ when evaluated by the Mann — Whitney U-test.

Таблица 2. Демографические характеристики и стадия заболевания в основной и контрольной группах

Table 2. Demographic characteristics and the disease stage in the main and control groups

Характеристика Characteristics	Модифицированная методика (n=30) Modified technique (n=30)	Стандартная методика (n=20) Conventional technique (n=20)
Возраст, годы / Age, years		
медиана / median	31,0 ¹	26,0 ²
[Q1; Q3]	[29,0; 35,0]	[24,0; 30,0]
min-max	18,0-43,0	19,00-45,0
Пол, n (%) / Sex, n (%)		
женский / women	9 (30,0)	6 (30,0)
мужской / men	21 (70,0)	19 (70,0)
Стадия кератоконуса, n (%) Keratoconus stage, n (%)		
II	11 (36,7)	5 (25)
III	19 (63,7)	15 (75)

Примечание. $p_{1-2}=0,32$ при оценке с использованием U-теста Манна — Уитни.

Note. $p_{1-2}=0.32$ when evaluated by the Mann — Whitney U-test.

нуса и радиуса R_i этой зоны. Эти коэффициенты являются параметрами модели Yeoh, описывающей гиперупругое поведение материала роговицы, в форме соотношения для плотности энергии деформации W_{iso} и первого инварианта $\bar{I}_1$ правого тензора деформаций Коши — Грина [14]:

$$W_{iso} = (1 - \psi_i^{\max}) \times [c_1(\bar{I}_1 - 3) + c_2(\bar{I}_1 - 3)^2 + c_3(\bar{I}_1 - 3)^3].$$

Для отыскания указанных коэффициентов применялась процедура минимизации отклонения расчетных профилей роговицы от измеренных при помощи Pentacam AXI величин кривизны передней и задней поверхностей (более чем в 8000 точках на каждой из них), а также амплитуды деформации роговицы (для 140 моментов времени действия воздушного импульса), полученных на пневмотонометре Corvis ST на этапе приборной диагностики данного пациента.

Модель, настроенная таким образом по персональным данным пациента, приобрела функции «цифрового двойника» и применялась для предоперационного планирования операций с количественной оценкой вариантов лечения и составлением для каждого из них послеоперационного прогноза в ближайшей перспективе. В частности, проведена серия вычислительных экспериментов, в ходе которых оценивались топографические и деформационные характеристики роговицы после «виртуальной» имплантации роговичного сегмента различной толщины — от 150 до 250 мкм с шагом 50 мкм, различной длины — 90°, 120°, 160° и 210°, в различные положения — со смещением роговичного тоннеля парацентрально по направлению к $K_{\max}$, точке с наибольшей элевацией, точке с наименьшей пахиметрией на различные расстояния — с целью прогноза послеоперационной кератотопографии и выбора наилучшего варианта.

На основании расчетного этапа работы определяли наилучший вариант ИСС по длине дуги, толщине и его положение, обеспечивающие наибольшее снижение значения $K_{\max}$ в каждом случае. Для точного позиционирования роговичного тоннеля в необходимом положении предложен автоматизированный способ разметки на роговице, позволяющий с учетом кератотопографии и циклоторсии отмечать целевой ориентир с помощью эксимерного лазера.

Получаемый при использовании предлагаемого способа технический результат состоит в точном интраоперационном установлении центра роговицы, а также любого необходимого целевого ориентира на роговице с учетом циклоторсии, что обеспечивает правильное положение в роговице роговичных тоннелей и точное желаемое позиционирование в них роговичных сегментов. Достигается результат тем, что кератотопографические данные пациента, полученные при обследовании с помощью Шаймпфлюг-анализатора Sirius (SCHWIND, Германия), передаются в эксимерный лазер SCHWIND Amaris-1050, на роговицу пациента с его помощью наносятся точные эпителиальные метки путем проведения точечной процедуры фототерапевтической кератэктомии (ФТК), относительно которых позиционируется роговичный тоннель и ИСС в этом тоннеле.

В контрольной группе планирование имплантации ИСС осуществлялось с помощью номограммы Keraring — по данным манифестной рефракции с учетом положения сильной оси роговичного астигматизма.

Эффективность изучаемых методик оценивали по улучшению функциональных показателей — повышению НКОЗ и МКОЗ, уменьшению значения $K_{\max}$. Также оценивалось

влияние имплантации ИСС на биомеханические свойства роговицы по изменению значения показателя жесткости роговицы SP-A1. Безопасность оценивалась по частоте возникновения различных осложнений как в раннем, так и в отдаленном послеоперационном периоде.

Статистический анализ был выполнен с использованием программного обеспечения SPSS Statistics for Windows (версия 22.0, IBM Corp.). По тестам Колмогорова — Смирнова и Шапиро — Уилка распределение данных соответствовало ненормальному распределению, поэтому полученные результаты были представлены в виде медианы (Me), квартилей [Q1; Q3], а также минимального и максимального значений. Для сравнения медианных значений в двух группах применяли U-критерий Манна — Уитни. Для определения различий между полученными результатами в различные сроки наблюдения относительно исходных значений в каждой группе применяли T-критерий Уилкоксона. При его критической величине выше эмпирической и показателе значимости различий $p < 0,05$ различия расценивали как статистически значимые.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Динамика остроты зрения в основной и контрольной группах была сходной. Статистически значимое повышение НКОЗ и МКОЗ в основной группе ($p < 0,001$)

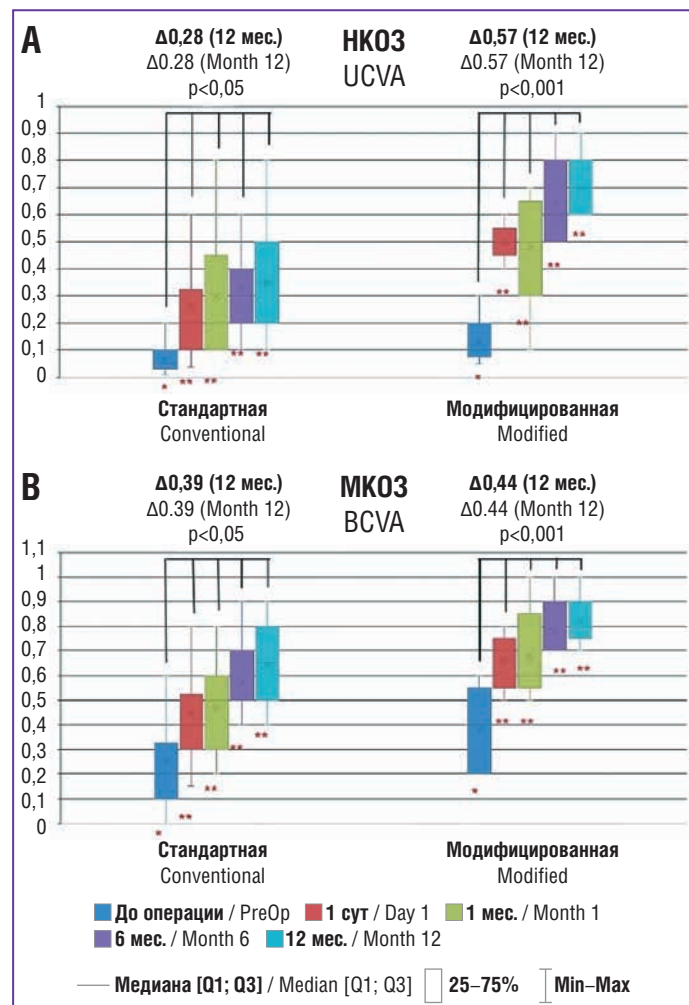


Рис. 1. Динамика НКОЗ (А) и МКОЗ (Б) в группах
Fig. 1. UCVA (A) and BCVA (B) follow-up in the groups

и в контрольной группе ($p < 0,05$) отмечалось на всех сроках наблюдения. В основной группе прибавка НКОЗ и МКОЗ на сроке наблюдения 12 мес. составила 0,57 и 0,44, в контрольной группе — 0,28 и 0,39 соответственно (рис. 1).

Улучшение остроты зрения на всех сроках наблюдения было обусловлено статистически значимым уменьшением значения $K_{\max}$ и повышением регулярности поверхности роговицы в оптической зоне ($p < 0,05$) в обеих группах, что выразилось в уменьшении среднего квадратичного значения ошибок волнового фронта (RMS — root mean square). В основной группе снижение среднего значения $K_{\max}$ на сроке наблюдения 12 мес. составило 3,42 дптр, в контрольной группе — 0,59 дптр, как и уменьшение среднего значения RMS на сроке наблюдения 12 мес. — 6,1 и 3,3 мкм в основной и контрольной группах соответственно (рис. 2).

Показатель жесткости SP-A1 и биомеханически компенсированное ВГД существенно не изменялись в течение периода наблюдения в обеих группах (рис. 3).

Установили, что ПЭК оставалась неизменной в обеих группах на всех сроках наблюдения. Интра- и послеоперационных осложнений ни в одном случае отмечено не было.

Клиническое наблюдение

Пациент К., 32 года, обратился в офтальмологическое отделение коррекции аномалий рефракции Волгоградско-

го филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России с жалобами на прогрессивное снижение остроты зрения вдаль на обоих глазах в течение последних 5 лет. Оптические средства коррекции не использует. Пациент был включен в основную группу исследования, от него было получено информированное письменное согласие на участие в исследовании и на публикацию полученных результатов. Было проведено полное офтальмологическое обследование, получены следующие клиничко-функциональные результаты: НКОЗ OD=0,2, МКОЗ OD=0,6, рефракция OD: sph -2,00 дптр, cyl -2,00 дптр, ax 65°; НКОЗ OS=0,01, МКОЗ OS=0,5, рефракция OS: sph -1,50 дптр, cyl -3,75 дптр, ax 120°, величина ПЗО OD=24,49 мм, ПЗО OS=24,53 мм, пахиметрия в центральной оптической зоне OD=521 мкм, минимальное значение пахиметрии OD=495 мкм, пахиметрия в центральной оптической зоне OS=505 мкм, минимальное значение пахиметрии OS=482 мкм. ПЭК OD=2902 CD/мм², ПЭК OS=2550 CD/мм². Кератотопографически на OD — паттерн асимметричного галстука-бабочки со смещением широкой части к нижнелатеральному отделу, на OS — паттерн кератоконуса в нижнем отделе (рис. 4, 5). Кератометрия на вершине кератоконуса OD по данным Шаймпфлюг-АПО Sirius — 53,25 дптр, OS — 60,17 дптр.

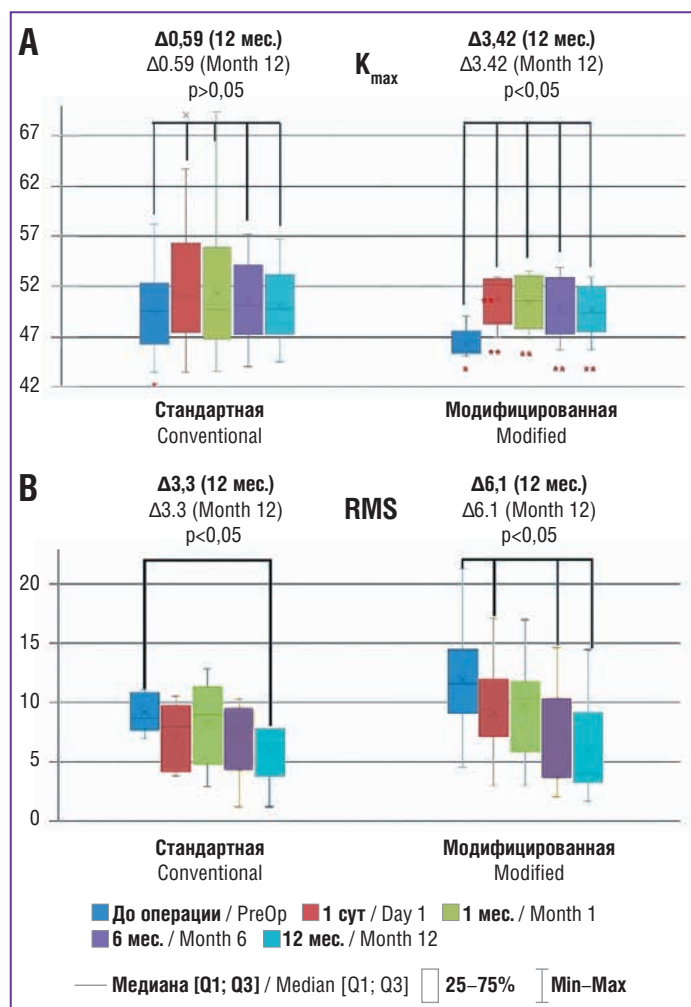


Рис. 2. Динамика $K_{\max}$ (А) и показателя RMS (В) в группах
Fig. 2. $K_{\max}$ (A) and RMS (B) follow-up in the groups

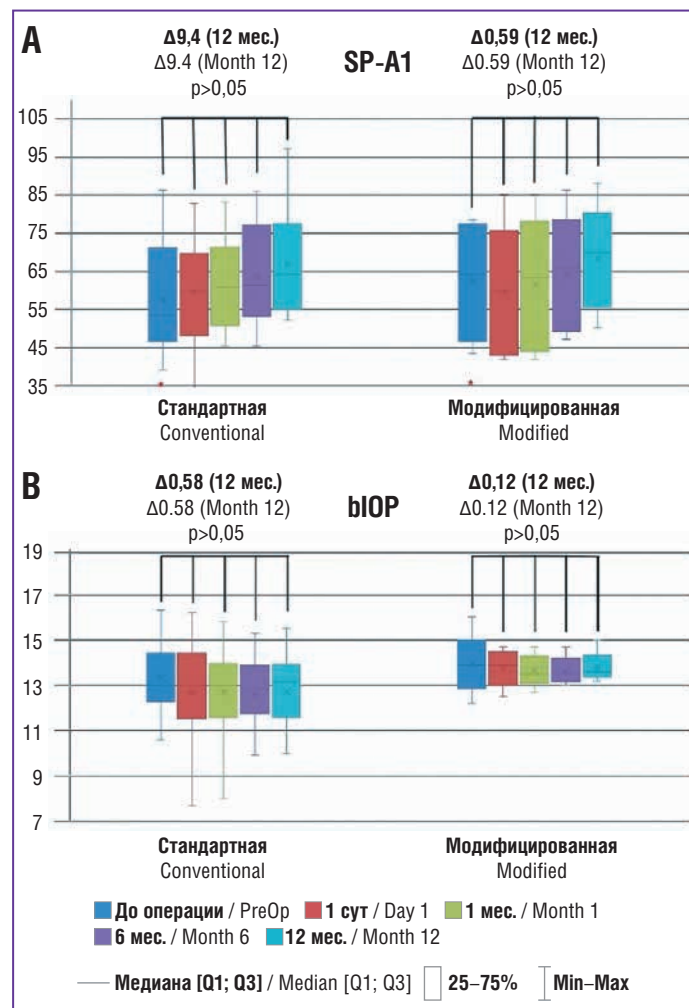


Рис. 3. Динамика показателя жесткости SP-A1 (А) и биомеханически компенсированного ВГД (biOP) (В) в группах
Fig. 3. Stiffness value, SP-A1 (A), and biomechanically compensated intraocular pressure (biOP) (B) follow-up in the groups

По данным пневмотонометрии (Corvis ST): показатели жесткости роговицы OS — SP-A1 и SSI составляли 71,7 и 0,84 соответственно, значения корнеального гистерезиса CH и фактора резистентности роговицы CRF — 8,7 и 8,3 соответственно. Толщина эпителия на вершине кератоконуса 47 мкм. Поставлен клинический диагноз: кератоконус OS II стадии, рефракционная амблиопия слабой степени.

На OS апекс роговицы смещен на 0,04 мм и на 45° от центра зрачка, точка максимальной кератометрии K_{max} смещена на 1,2 мм на 255°, положение сильной оси роговичного астигматизма соответствует 60°, ось комы — 83°.

При проведении ОКТ роговицы OS с помощью ОКТ Solix (Optovue, США) в режиме Corneal Map определено мини-

мальное значение пахиметрии OS — 489 мкм, минимальное значение толщины эпителия роговицы OS — 50 мкм.

По результатам обследования установлен клинический диагноз: кератоконус правого глаза II стадии, кератоконус левого глаза (OS) III стадии. Пациенту было запланировано хирургическое лечение кератоконуса левого глаза — интра-ламеллярная кератопластика с фемтосекундным лазерным сопровождением с имплантацией ИСС.

На основании расчетного этапа работы были выбраны наилучший вариант ИСС — с длиной дуги 160° и толщиной 200 мкм, а также оптимальное положение тоннеля — со смещением его относительно центра зрачка на 1,25 мм, с центром ИСС на 263° и положением роговичного разреза 5° (рис. 6).

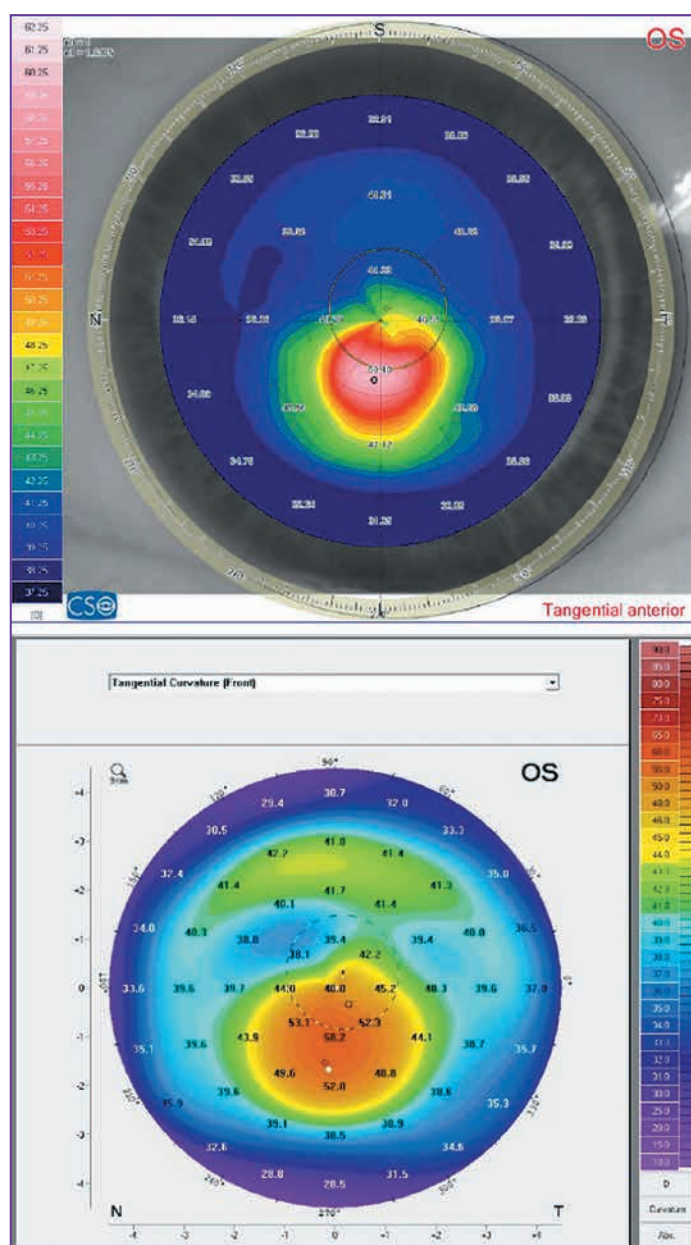


Рис. 4. Тангенциальные карты кривизны передней поверхности роговицы левого глаза пациента К. по данным Шаймпфлюг-АПО Sirius (А) и данным Шаймпфлюг-АПО Pentacam AXL (В) до операции

Fig. 4. Patient K.: Tangential curvature maps of the anterior corneal surface of the left eye according to Scheimflug-APO Sirius (A) and Scheimflug-APO Pentacam AXL (B) data before the surgery

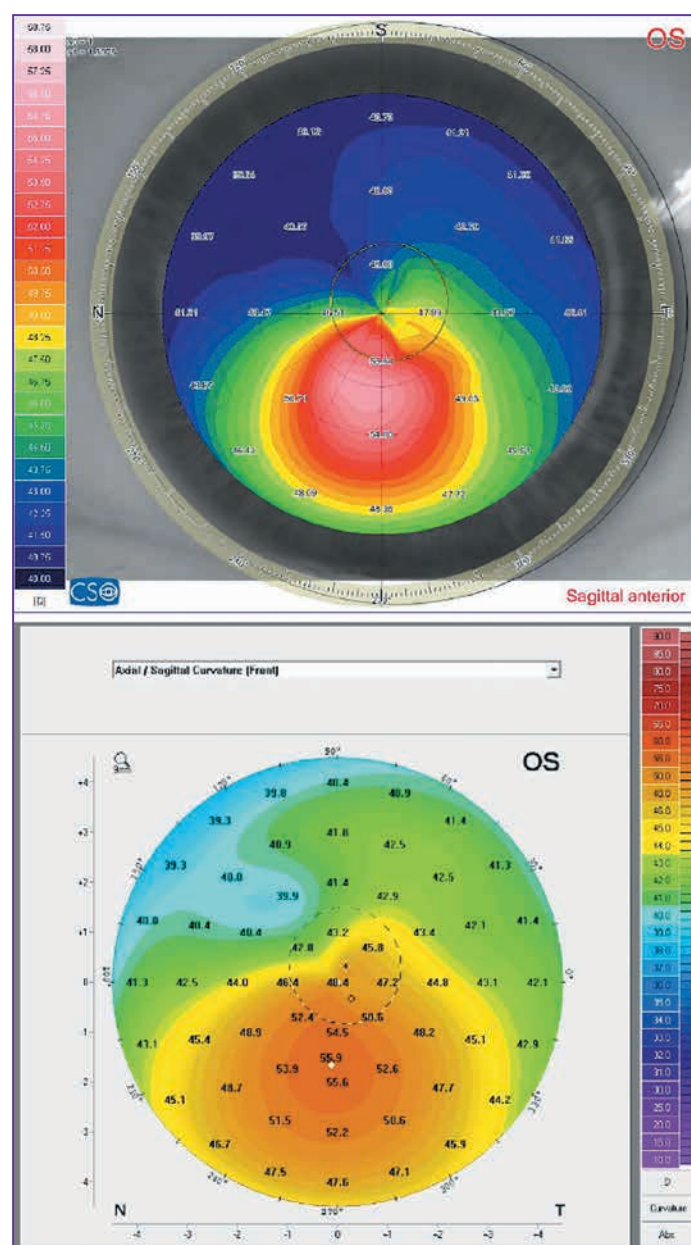


Рис. 5. Сагиттальные карты кривизны передней поверхности роговицы левого глаза пациента К. по данным Шаймпфлюг-АПО Sirius (А) и данным Шаймпфлюг-АПО Pentacam AXL (В)

Fig. 5. Patient K.: Sagittal curvature maps of the anterior corneal surface of the left eye according to Scheimflug-APO Sirius (A) and Shaimflug-APO Pentacam AXL (B) data

Для проведения операции использовали результаты расчетно-экспериментального этапа.

В условиях стерильной операционной под двукратной инстилляционной анестезией 0,5% раствора проксиметакаина гидрохлорида наложен на веки блефаростат, на эксимерлазерной установке Amaris-1050 (SCHWIND, Германия) выполнена персонализированная программированная ФТК эпителиального слоя роговицы на глубину эпителиального слоя 15 мкм в виде двух округлых зон диаметром 0,5 мм парacentрально на расстоянии 7,5 мм друг от друга, с центром, смещенным на 1,22 мм и на 261° от центра зрачка (рис. 7).

Полученные дезэпителизированные зоны окрасили операционным маркером. Они являлись ограничивающими ориентирами для позиционирования роговичного тоннеля, нижняя метка соответствовала середине имплантируемого ИСС. Установили на роговицу концентрически лимбу стерильный

интерфейс на рукоятке фемтосекундного лазера. На глубине 410 мкм сформирован роговичный тоннель в виде сегмента длиной 185° с внутренним диаметром 5,0 мм, наружным диаметром 6,2 мм, направлением разреза 5° в соответствии с разметкой с учетом циклоторсии (рис. 8).

После выполнения этапа фемтодиссекции проведено контрольное исследование роговицы методом ОКТ с целью визуализации и фотофиксации размеров роговичного тоннеля до имплантации ИСС (рис. 9).

В сформированный роговичный тоннель имплантирован ИСС с длиной дуги 160° и толщиной 200 мкм. Однократно инстиллирован раствор антибиотика (0,5% раствор левофлоксацина), удален блефаростат.

Сразу после операции проведена ОКТ роговицы с целью раннего контроля положения ИСС в роговичном тоннеле.

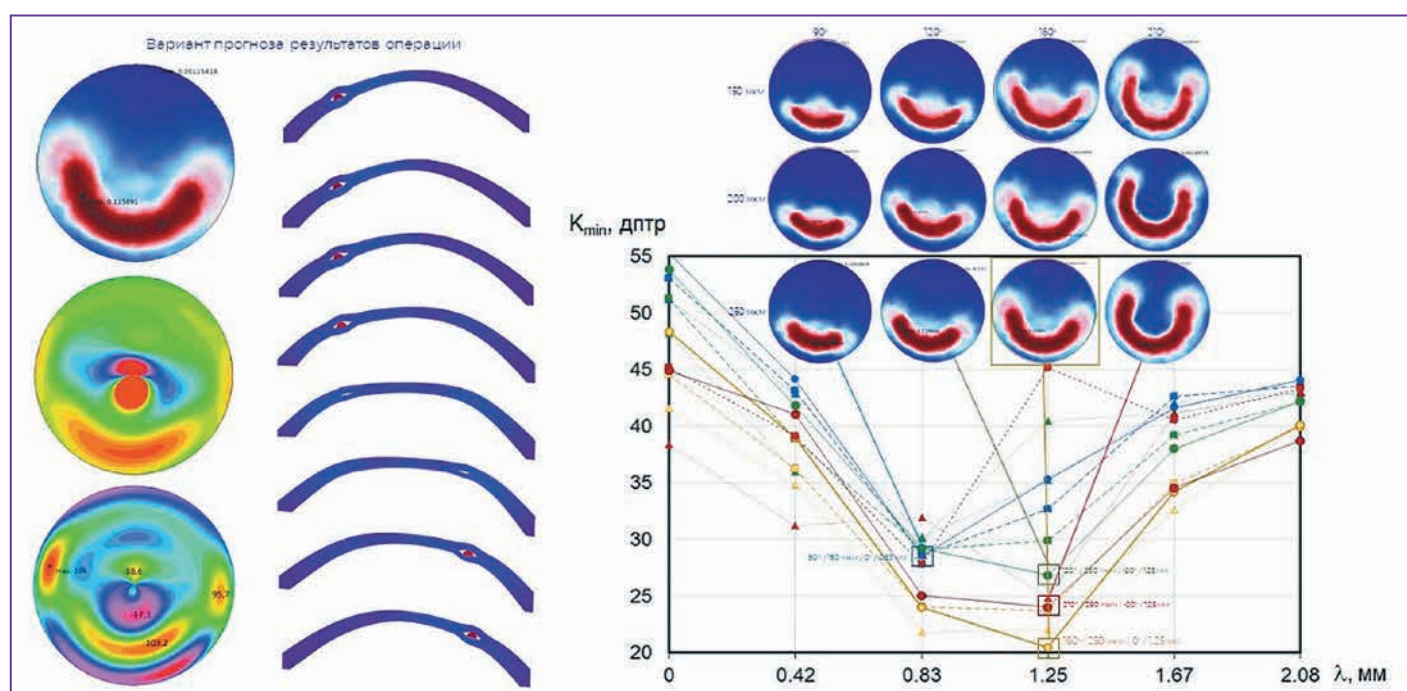


Рис. 6. Прогнозирование кератотопографических параметров на «цифровом двойнике» различных вариантов операции
Fig. 6. Keratotopographic parameters predicted in a “digital twin” of different surgical options

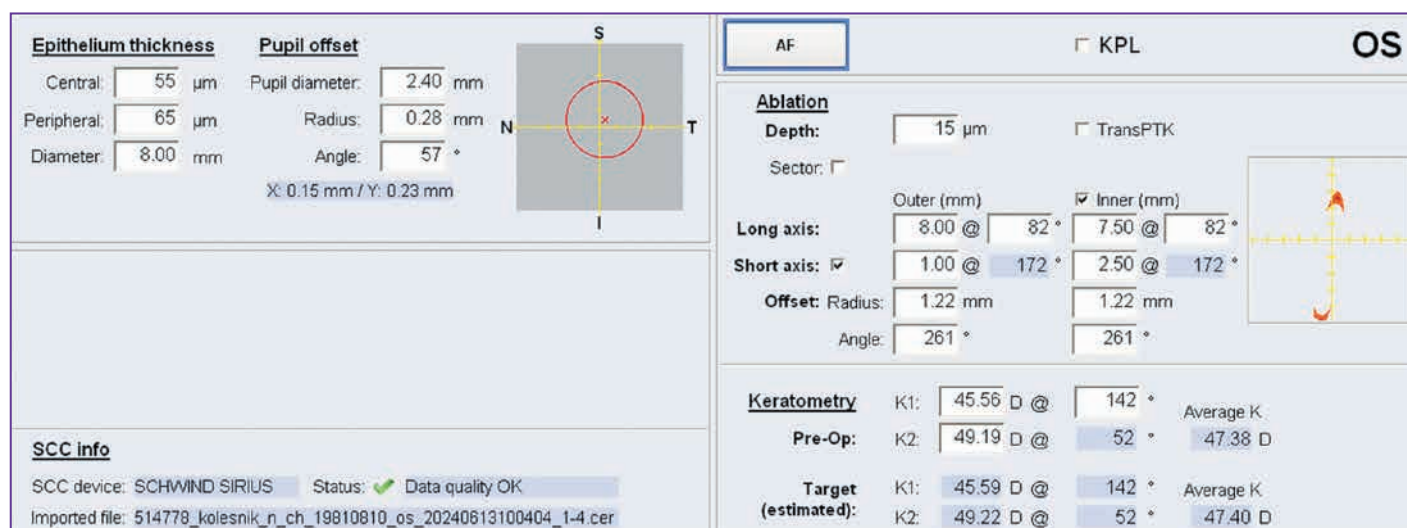


Рис. 7. Фото экрана на этапе программирования операции ФТК

Fig. 7. Screenshot: phototherapeutic keratectomy, programming stage

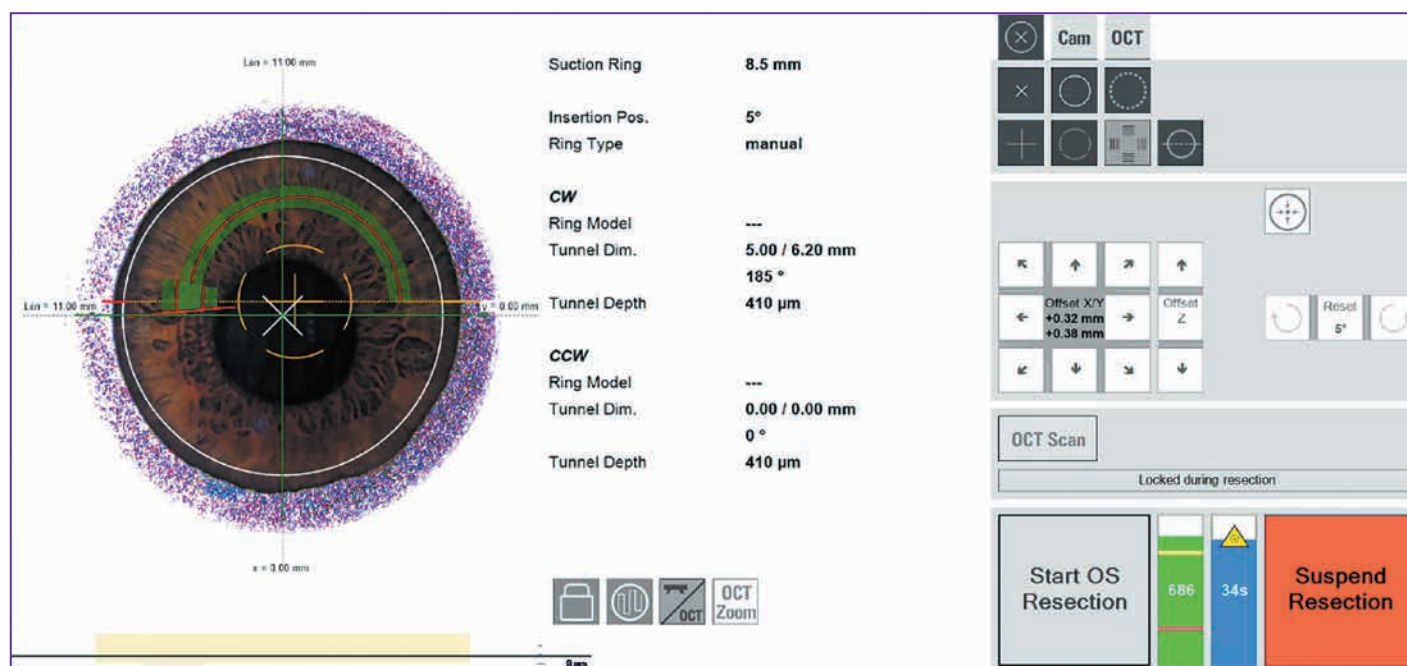


Рис. 8. Фото экрана на этапе программирования роговичной фемтодиссекции с учетом разметки

Fig. 8. Screenshot: corneal femtodissection, programming stage (including markings)

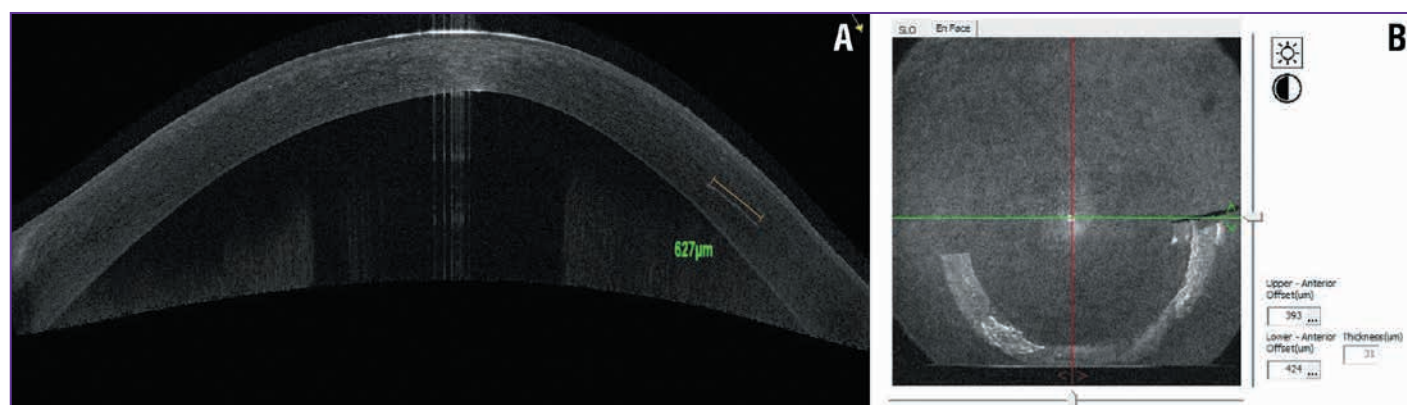


Рис. 9. Интраоперационная ОКТ роговицы в режиме Corneal Map (A) и Corneal Cub (B), Solix (Optovue, США)

Fig. 9. Intraoperative optical coherence tomography of the cornea in Corneal Map (A) and Corneal Cub (B) modes, Solix (Optovue, USA)

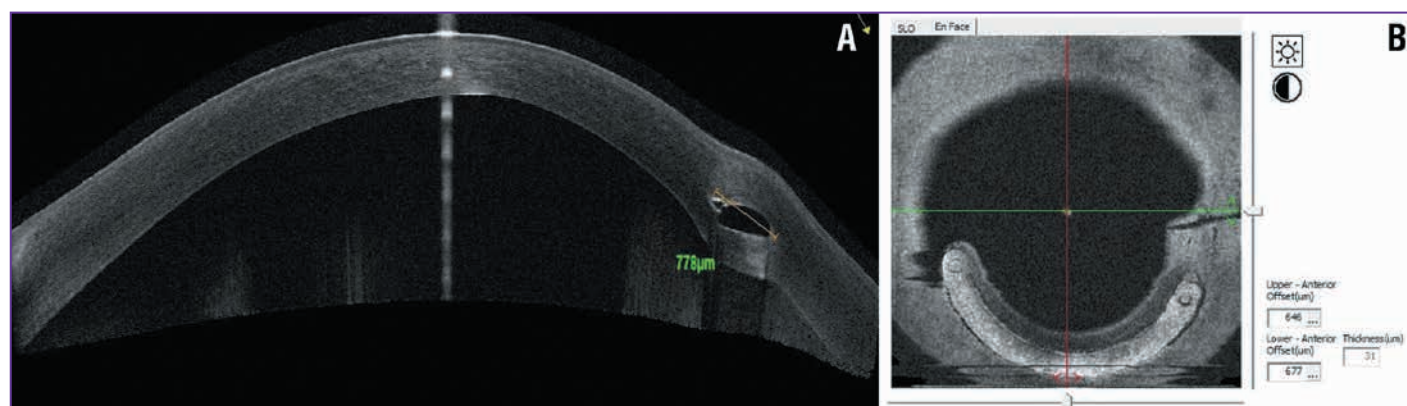


Рис. 10. Интраоперационная ОКТ роговицы в режиме Corneal Map (A) и Corneal Cub (B), Solix (Optovue, США)

Fig. 10. Intraoperative optical coherence tomography of the cornea in Corneal Map (A) and Corneal Cub (B) modes, Solix (Optovue, USA)

На рисунке 10 в режиме Corneal Map визуализируется расположение сегмента в роговичном тоннеле в соответствии с планируемым. В раннем послеоперационном

периоде назначена антибактериальная, противовоспалительная и кератопротективная инстилляция терапия.

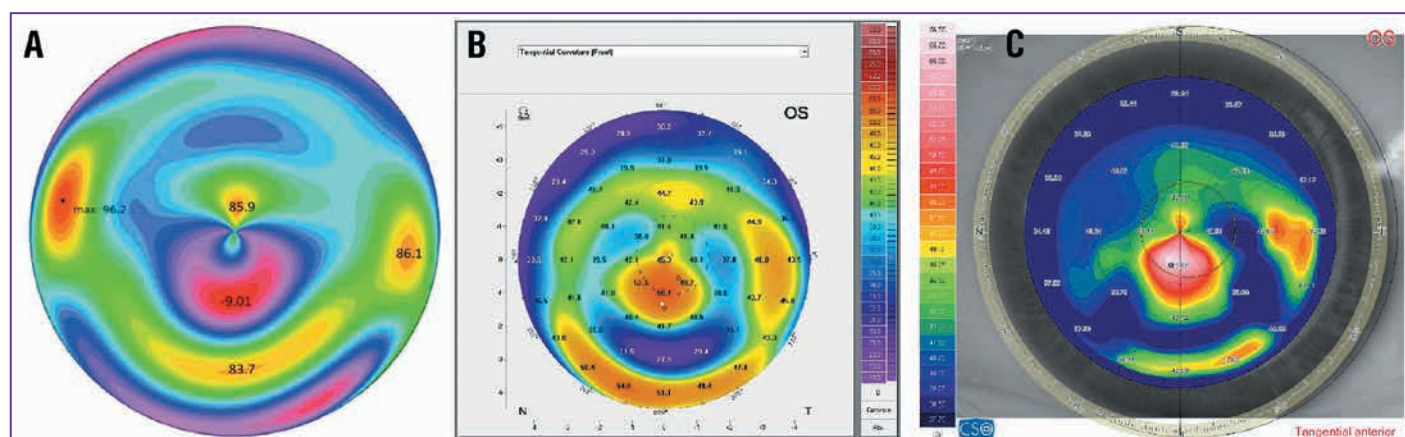


Рис. 11. Расчетные (A) и послеоперационные тангенциальные карты кривизны передней поверхности роговицы (B, C) на 1-е сутки после операции

Fig. 11. Design (A) and postoperative tangential maps of the anterior corneal surface curvature (B, C) on the Day 1 after the surgery

На следующие сутки после операции: НКОЗ OS=0,1, рефракция левого глаза: sph -1,50 дптр, cyl 2,75 дптр, ax 180°, МКОЗ OS=0,7; ПЭК OS 2510 CD/мм². Объективно: положение ИСС соответствует запланированному, роговичный разрез адаптирован.

Проведено инструментальное обследование, включающее кератотопографическое исследование с помощью Шаймпфлюг-анализаторов переднего отрезка глазного яблока Sirius (SCHWIND, Германия) и Pentacam AXL (OCULUS Optikgeräte GmbH, Германия), биомеханических свойств роговицы — с помощью пневмотонометра Corvis ST (OCULUS Optikgeräte GmbH, Германия), ОКТ роговицы с помощью томографа Solix (Optovue, США).

При сопоставлении прогностической расчетной кератотопогаммы и кератотопогаммы, полученной на 1-е сутки после операции, отмечается совпадение данных (рис. 11).

ОБСУЖДЕНИЕ

На сегодняшний день ведется активный научный поиск в отношении оптимизации интраламеллярной кератопластики с имплантацией ИСС с целью обеспечения наилучшего функционального результата для пациента как за счет разработки новых моделей роговичных имплантов [32], так и за счет попыток рассчитать и спрогнозировать поведение роговицы после имплантации ИСС [13, 14, 18–20]. В данной работе показаны возможности планирования результата интраламеллярной кератопластики с имплантацией ИСС с помощью «цифрового двойника» роговицы, индивидуального для каждого конкретного пациента. С помощью виртуальной модели отрабатываются варианты имплантации различных по размеру ИСС, анализируется влияние положения сегмента на кератотопогамму в послеоперационном периоде. Наиболее сложной для реализации является задача переноса на роговицу разработанного плана операции. Этап аппланации при формировании роговичного тоннеля с использованием фемтоассистенции и изменение положения тела пациента меняют конфигурацию роговицы и смещают топографические роговичные ориентиры, относительно которых необходимо сформировать роговичный тоннель и расположить в нем интрастромальные импланты. Такими ориентирами яв-

ляются центр роговицы, апекс роговицы, положение сильной оси астигматизма, положение оси АПВ сома. Требуется нанесение точных топографических ориентиров на роговицу до этапа докинга и ее аппланации. Известен способ нанесения разметки в вертикальном положении тела пациента за щелевой лампой только горизонтального меридиана с использованием роговичного метчика и красителя [29], способ нанесения разметки в вертикальном положении тела пациента за щелевой лампой сильной и слабой осей роговицы с использованием роговичного метчика и красителя, ориентируясь на разметку кератотопогаммы и проведение компенсации циклоторсии до начала докинга [30]. Основным недостатком указанных способов является недостаточная точность разметки при мануальном выполнении манипуляции. Авторами предложена оригинальная автоматизированная методика разметки на роговице, позволяющая с учетом кератотопографии и циклоторсии отмечать целевой ориентир с помощью эксимерного лазера при любых кераторефракционных вмешательствах.

При стандартной методике выбора параметров роговичных сегментов по разработанной номограмме [11–13] принимаются во внимание величина сферического и цилиндрического компонентов рефракции, а также паттерн кератоконуса, но не учитываются индивидуальные деформационные характеристики роговицы. Приведенный клинический пример наглядно показывает возможности «цифрового двойника» роговицы по прогнозированию деформации роговицы после имплантации различных сегментов с выбором оптимального варианта. Сравнение клинко-функциональных результатов в группах демонстрирует явную эффективность модифицированной методики имплантации ИСС перед стандартной, подтвержденную более достоверным и выраженным повышением НКОЗ, МКОЗ, снижением значений K_{max} и RMS. Полученные нами результаты подтверждают отсутствие влияния имплантируемых в роговицу конструкций на ее биомеханические свойства, что согласуется с данными литературы [8], а также подтверждают влияние ИСС, в первую очередь на визуальные функции, за счет изменения геометрии передней поверхности роговицы.

Выводы

1. Цифровое планирование операции на геометрически и биомеханически персонализированной для данного пациента численной модели роговицы позволяет повысить безопасность и эффективность хирургической операции, что подтверждается полученными кератотопографическими результатами, которые соответствуют расчетным, отмечается повышение как НКОЗ, так и МКОЗ на всех сроках наблюдения. При этом выявлено, что за счет изменения размеров и положения роговичного сегмента можно гибко управлять топографическими и топографическими характеристиками роговицы, обеспечивая их наилучшее соответствие целевым показателям после операции.
2. Предложенная методика автоматизированной разметки любых необходимых топографических ориентиров на роговице позволяет реализовать персонализированный подход к выполнению интраламеллярной кератопластики с имплантацией ИСС.

Литература / References

1. Мороз З.И., Мalyugin Б.Э., Измайлова С.Б., Легких С.Л. Современные методы хирургического лечения кератоконуса. Новые технологии в лечении заболеваний роговицы: Сб. науч. ст. Минск; 2011.
- Moroz Z.I., Malyugin B.E., Izmailova S.B., Lungs S.L. Modern methods of surgical treatment of keratoconus. New technologies in the treatment of corneal diseases: Collection of scientific articles. Minsk; 2011 (in Russ.).
2. Colin J., Cochener B., Savary G., Malet F. Correcting keratoconus with intracorneal rings. *J Cataract Refract Surg.* 2000;26:1117–1122. DOI: 10.1016/s0886-3350(00)00451-x
3. Мамиконян В.Р., Осипян Г.А., Храйстин Х. Имплантация интрастромальных кольцевых сегментов роговицы при кератэктазиях (обзор литературы). *Медицина.* 2017;2:73–87.
- Mamikonyan V.R., Osipyan G.A., Hristin H. Implantation of intrastromal corneal ring segments for corneal ectasia (literature review). *Medicina.* 2017;2:73–87 (in Russ.).
4. Sakellaris D., Balidis M., Gorou O. et al. Intracorneal Ring Segment Implantation in the Management of Keratoconus: An Evidence-Based Approach. *Ophthalmol Ther.* 2019;8:5–14. DOI: 10.1007/s40123-019-00211-2
5. Измайлова С.Б. Медико-технологическая система хирургического лечения прогрессирующих кератэктазий различного генеза: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М.; 2014.
- Izmaylova S.B. Medical-technological system of surgical treatment of progressive keratectasia of different genesis: thesis. Moscow; 2014 (in Russ.).
6. Костенев С.В., Черных В.В. Фемтосекундная лазерная хирургия. Принципы и применение в офтальмологии. Новосибирск: Наука; 2012.
- Kostenev S.V., Chernykh V.V. Femtosecond laser surgery. Principles and application in ophthalmology. Novosibirsk: Nauka, 2012 (in Russ.).
7. Маслова Н.А. Фемтолазерная интрастромальная кератопластика с имплантацией роговичных сегментов в лечении пациентов с кератоконусом: автореф. дис. ... канд. мед. наук. М.; 2012.
- Maslova N.A. Femtolaser intrastromal keratoplasty with implantation of corneal segments in the treatment of patients with keratoconus: thesis. Moscow; 2012 (in Russ.).
8. Alio J.L., Vega-Estrada A., Esperanza S. et al. Intrastromal Corneal Ring Segments: How Successful is the Surgical Treatment of Keratoconus? *Middle East Afr J Ophthalmol.* 2014;21(1):3–9. DOI: 10.4103/0974-9233.124076
9. D'Oria F., Bagaglia S.A., Alio del Barrio J.L. et al. Refractive surgical correction and treatment of keratoconus. *Surv Ophthalmol.* 2023;69:122–139. DOI: 10.1016/j.survophthal.2023.09.005
10. Паштаев Н.П., Поздеева Н.А., Синицын М.В. Сравнительный анализ роговичных aberrаций после фемтолазерной имплантации интрастромальных сегментов и колец при кератоконусе. *Вестник офтальмологии.* 2017;133(3):3–8. DOI: 10.17116/oftalma201713334-8
- Pashtaev N.P., Pozdeeva N.A., Sinitsyn M.V. Comparative analysis of corneal aberrations after femtolaser implantation of intrastromal segments and MyoRing implantation using femtosecond laser in patients with keratoconus. *Bulletin of Ophthalmology.* 2017;133(3):3–8 (in Russ.). DOI: 10.17116/oftalma201713334-8
11. Iqbal M., Elmassry A., Mounir A. et al. A novel Q-value-based nomogram for single intracorneal ring segment implantation versus standard manufacturer's nomogram combined with accelerated cross-linking for treatment of keratoconus: a randomized controlled trial. *Acta Ophthalmol.* 2021;99:501–511. DOI: 10.1111/aos.14611
12. Измайлова С.Б., Мalyugin Б.Э., Пронкина С.А. и др. Тактика лечения и исходы осложнений имплантации роговичных сегментов при кератэктазиях различного генеза. *Офтальмохирургия.* 2014;2:16–23.
- Izmaylova S.B., Malyugin B.E., Pronkina S.A. et al. Treatment tactics and outcomes of complications of corneal segment implantation in keratectasia of different genesis. *Ophthalmosurgery.* 2014;2:16–23 (in Russ.).
13. Kling S., Marcos S. Finite-Element Modeling of Intrastromal Ring Segment Implantation into a Hyperelastic Cornea. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2013;54(1):881–889. DOI: 10.1167/iov.12-10852
14. Солодкова Е.Г., Мalyugin Б.Э., Захаров И.Н. и др. Идентификация параметров модели роговицы с кератоконусом при численно-экспериментальном исследовании ее геометрии и механического поведения. *Российский журнал биомеханики.* 2023;27(3):67–80. DOI: 10.15593/RZhBiomech/2023.3.05
- Solodkova E.G., Malyugin B.E., Zakharov I.N. et al. Identification of parameters of the keratoconus horn model during numerical and experimental study of its geometry and mechanical behavior. *Russian Journal of Biomechanics.* 2023;27(3):67–80 (in Russ.). DOI: 10.15593/RZhBiomech/2023.3.05
15. Солодкова Е.Г., Мalyugin Б.Э., Захаров И.Н. и др. Разработка комплекса математических моделей биомеханических параметров роговицы с диагностированным кератоконусом до и после лечения кросслинkinгом роговичного коллагена. *Российский журнал биомеханики.* 2022;3:10–28.
- Solodkova E.G., Malyugin B.E., Zakharov I.N. et al. Development of a set of mathematical models of biomechanical parameters of cornea with diagnosed keratoconus before and after corneal collagen crosslinking treatment. *Russian Journal of Biomechanics.* 2022;3:10–28 (in Russ.). DOI: 10.15593/RZhBiomech/2022.3.01
16. Pandolfi A., Holzapfel G.A. Three-Dimensional Modeling and Computational Analysis of the Human Cornea Considering Distributed Collagen Fibril Orientations. *J of Biomechanical Engineering.* 2008;130:12. DOI: 10.1115/1.2982251
17. Khan S.N., Shiakolas P.S. To study the effects of intrastromal corneal ring geometry and surgical conditions on the postsurgical outcomes through finite element analysis. *J Mechanics in Medicine and Biology.* 2016;16(7):1650101. DOI: 10.1142/S0219519416501013
18. Никитин И.С., Журавлев А.Б., Ирошников Н.Г. и др. Механико-математическая модель интрастромальной коррекции формы роговицы глаза при кератоконусе. *Российский журнал биомеханики.* 2017;21(4):404–417. DOI: 10.15593/RZhBiomech/2017.4.07
- Nikitin I.S., Zhuravlev A.B., Iroshnikov N.G. et al. Mechanical and mathematical model of intrastromal corneal shape correction of the eye in keratoconus. *Russian Journal of Biomechanics.* 2017;21(4):404–417 (in Russ.). DOI: 10.15593/RZhBiomech/2017.4.07

19. Ariza-Gracia M.Á., Flecha-Lescún J., Büchler P., Calvo B. Corneal biomechanics after intrastromal ring surgery: Optomechanical in silico assessment. *Transl Vis Sci Technol.* 2020;9(11):26. DOI: 10.1167/tvst.9.11.26
20. Байэр С.М., Венатовская Л.А., Воронкова Е.Б. и др. Деформация корнеосклеральной оболочки глаза после имплантации интрастромальных колец. В кн.: Мат-лы конф. «Современные проблемы механики сплошной среды». Ростов-на-Дону. 2023:9.
Bauer S.M., Venatovskaya L.A., Voronkova E.B. et al. Deformation of the corneoscleral membrane of the eye after implantation of intrastromal rings. In: *Modern problems of continuum mechanics.* Rostov-on-Don. 2023:9 (in Russ.).
21. Поздеева Н.А., Куликова И.Л., Синицын М.В. и др. Патент № 2801958 С1. Российская Федерация, МПК А61F 9/00, А61В 3/00, А61F 2/14. Способ расчета рефракционного эффекта при имплантации интрастромального кольца. № 2023105171 21.08.2023. (Электронный ресурс.) http://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2801958&TypeFile=html (дата обращения: 15.10.2024).
22. Pozdeeva N.A., Kulikova I.L., Sinitsyn M.V. et al. Patent No. 2801958 C1. Russian Federation, IPC A61F 9/00, A61B 3/00, A61F 2/14. Method for calculating the refractive effect during implantation of an intrastromal ring. No. 2023105171, 08/21/2023. (Electronic resource.) http://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2801958&TypeFile=html (access date: 15.10.2024) (in Russ.).
23. Bagheri N.M., Kadkhodaei M., Pirhadi S., Mosaddegh P. Effects of intracorneal ring segments implementation technique and design on corneal biomechanics and keratometry in a personalized computational analysis. *Sci Rep.* 2021;11:14433. DOI: 10.1038/s41598-021-93821-5
24. Bagheri N.M., Mosaddegh P., Kadkhodaei M. Effects of intracorneal ring segments on the biomechanical response of the ectatic cornea to air-puff: A patient-specific numerical analysis. *Mathematics and Mechanics of Solids.* 2022;27(3):390–409. DOI: 10.1177/10812865211025581
25. Oteyza G.G., Toledo J.Á., Barraquer R.I., Kling S. Localized Refractive Changes Induced by Symmetric and Progressive Asymmetric Intracorneal Ring Segments Assessed with a 3D Finite-Element Model. *Bioengineering.* 2023;10:1014. DOI: 10.3390/bioengineering10091014
26. Jannesari M., Mosaddegh P., Kadkhodaei M. et al. Numerical and clinical investigation on the material model of the cornea in Corvis tonometry tests: differentiation between hyperelasticity and viscoelasticity. *Mechanics of Time-Dependent Materials.* 2019;23:373–384. DOI: 10.1007/s11043-018-9390-3
27. Ariza-Gracia M.Á., Zurita J., Piñero D.P., Calvo B., Rodríguez-Matas J.F. Automated Patient-Specific Methodology for Numerical Determination of Biomechanical Corneal Response. *Ann Biomed Eng.* 2015;44(5):1753–1772. DOI: 10.1007/s10439-015-1426-0
28. Nguyen T.D., Boyce B.L. An inverse finite element method for determining the anisotropic properties of the cornea. *Biomech Model Mechanobiol.* 2011;10:323–337. DOI: 10.1007/s10237-010-0237-3
29. Roy A.S., Dupps W.J. Patient-Specific Computational Modeling of Keratoconus Progression and Differential Responses to Collagen Cross-linking. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2011;52(12):9174–9187. DOI: 10.1167/iov.11-7395
30. Шилова Т.Ю. Патент № 2780135 С1. Российская Федерация, МПК А61F 9/007 (2006.01), А61F 9/008 (2006.01). Способ контроля циклоторсии при коррекции миопии в сочетании с астигматизмом методом RELEX SMILE. № 2022104617. 19.09.2022. (Электронный ресурс.) URL: http://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2780135&TypeFile=html (дата обращения: 15.10.2024).
31. Shilova T.Yu. Patent No. 2780135 C1. Russian Federation, IPC A61F 9/007 (2006.01), A61F 9/008 (2006.01). Method for monitoring cyclotorsion during correction of myopia in combination with astigmatism by the RELEX SMILE method. No. 2022104617. 19.09.2022. (Electronic resource.) URL: http://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2780135&TypeFile=html (access date: 15.10.2024).
32. Костенев С.В., Стройко М.С. Патент № 2630036 С1. Российская Федерация, МПК А61F 9/007 (2006.01). Способ двухэтапной коррекции роговичного миопического астигматизма с учетом циклоторсии с использованием фемтосекундного лазера у пациентов с тонкой роговицей. 05.09.2017. (Электронный ресурс.) URL: http://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2630036&TypeFile=html (дата обращения: 15.10.2024).
33. Kostenev S.V., Stroyko M.S. Patent No. 2630036 C1. Russian Federation, IPC A61F 9/007 (2006.01). Method for two-stage correction of corneal myopic astigmatism taking into account cyclotorsion using a femtosecond laser in patients with a thin cornea. 09/05/2017. (Electronic resource.) URL: http://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2630036&TypeFile=html (access date: 15.10.2024).
34. Терещенко А.В., Демьянченко С.К., Вишнякова Е.Н. Применение цифрового разметочного устройства при проведении фемтолазерной интрастромальной кератопластики с имплантацией интрастромальных сегментов. *Сибирский научный медицинский журнал.* 2019;39(3):60–65. DOI: 10.15372/SSMJ20190309
35. Tereshchenko A.V., Demyanchenko S.K., Vishnyakova E.N. Application of digital marking device in femtolaser intrastromal keratoplasty with implantation of intrastromal segments. *Siberian scientific medical journal.* 2019;39(3):60–65 (in Russ.). DOI: 10.15372/SSMJ20190309

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Солодкова Елена Геннадиевна — к.м.н., заместитель директора по научной работе Волгоградского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 400138, Россия, г. Волгоград, ул. им. Землячки, д. 80; ORCID iD 0000-0002-7786-5665

Измайлова Светлана Борисовна — д.м.н., заведующая отделом трансплантационной и оптико-реконструктивной хирургии переднего отрезка глазного яблока ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 127486, Россия, г. Москва, Бескудниковский б-р, д. 59а; ORCID iD 0000-0002-3516-1774

Захаров Игорь Николаевич — д.т.н., заведующий кафедрой сопротивления материалов ВолГТУ; 400005, Россия, г. Волгоград, пр-т им. В.И. Ленина, д. 28; ORCID iD 0000-0001-7177-7245

Фокин Виктор Петрович — д.м.н., профессор, главный специалист организационно-методического отдела Волгоградского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 400138, Россия, г. Волгоград, ул. им. Землячки, д. 80; ORCID iD 0000-0002-2513-9709

Балалин Сергей Викторович — д.м.н., заведующий научным отделом Волгоградского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 400138, Россия, г. Волгоград, ул. им. Землячки, д. 80; ORCID iD 0000-0002-5250-3692

Лобанов Евгений Валерьевич — инженер отдела по ремонту и обслуживанию медицинской техники Волгоградского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 400138, Россия, г. Волгоград, ул. им. Землячки, д. 80; ORCID iD 0000-0001-9112-3230

Сиволобов Виталий Александрович — инженер отдела по ремонту и обслуживанию медицинской техники Волгоградского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 400138, Россия, г. Волгоград, ул. им. Землячки, д. 80; ORCID iD 0009-0001-6347-2449

Лэ Ван Хоанг — аспирант кафедры сопротивления материалов ВолгГТУ; 400005, Россия, г. Волгоград, пр-т им. В.И. Ленина, д. 28; ORCID iD 0000-0002-1536-3061

Контактная информация: Солодкова Елена Геннадиевна, e-mail: mntk@isee.ru

Источник финансирования: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (№ 25-25-00303, <https://rscf.ru/project/25-25-00303/>).

Конфликт интересов: отсутствуют.

Статья поступила 11.11.2024.

Поступила после рецензирования 04.12.2024.

Принята в печать 27.12.2024.

ABOUT THE AUTHORS:

Elena G. Solodkova — C. Sc. (Med.), Deputy Director for Scientific Work, Volgograd Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 80, Zemlyachka str., Volgograd, 400138, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-7786-5665

Svetlana B. Izmailova — Dr. Sc. (Med.), Head of the Department of Transplantation and Opto-Reconstructive Surgery of the Anterior Segment of the Eyeball, S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 59a, Beskudnikovskii blvd., Moscow, 127486, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-3516-1774

Igor N. Zakharov — Dr. Sc. (Tech.), Head of the Department of Structural Performance of Materials, Volgograd State Technical University; 28, V.I. Lenin ave., Volgograd, 400005, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-7177-7245

Viktor P. Fokin — Dr. Sc. (Med.), Professor, Chief Specialist of the Organizational and Methodological Department, Volgograd Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 80, Zemlyachka str., Volgograd, 400138, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-2513-9709

Sergei V. Balalin — Dr. Sc. (Med.), Head of the Scientific Department, Volgograd Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 80, Zemlyachka str., Volgograd, 400138, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-5250-3692

Evgenii V. Lobanov — Engineer, Department of Medical Equipment Maintenance, Volgograd Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 80, Zemlyachka str., Volgograd, 400138, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-9112-3230

Vitalii A. Sivolobov — Engineer, Department of Medical Equipment Maintenance, Volgograd Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 80, Zemlyachka str., Volgograd, 400138, Russian Federation; ORCID iD 0009-0001-6347-2449

Le Van Hoang — Postgraduate Student, Department of Structural Performance of Materials, Volgograd State Technical University; 28, V.I. Lenin ave., Volgograd, 400005, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-1536-3061

Contact information: Elena G. Solodkova, e-mail: mntk@isee.ru

Financial Disclosure: the study was funded by a grant from the Russian Science Foundation (Grant No. 25-25-00303, <https://rscf.ru/project/25-25-00303/>).

There is no conflict of interest.

Received 11.11.2024.

Revised 04.12.2024.

Accepted 27.12.2024.

DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-2

Нейросетевая модель для адекватной оценки внутриглазного давления на основе пневмотонометрии у пациентов, ранее перенесших переднюю радиальную кератотомию

Н.А. Кулешова¹, Я.Е. Пашенцев¹, Е.Л. Сорокин^{1,2}

¹Хабаровский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Хабаровск, Российская Федерация
²ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный медицинский университет» Минздрава России, Хабаровск, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Введение: наиболее точным методом измерения уровня внутриглазного давления (ВГД) после передней радиальной кератотомии (ПРК) является точечная контактная тонометрия, выполняемая с помощью рикошетного тонометра iCare. Но его применение в широкой амбулаторной практике малодоступно из-за дороговизны прибора. В поликлинической сети массово используются пневмотонометры.

Цель исследования: построить нейросетевую модель, позволяющую адекватно оценивать уровень ВГД у пациентов, перенесших ПРК, основываясь на данных бесконтактной автоматической пневмотонометрии.

Материал и методы: проведено последовательное измерение ВГД автоматическим бесконтактным пневмотонометром и рикошетным точечным тонометром iCare у 68 пациентов (135 глаз), перенесших ПРК. Среди пациентов 16 мужчин, 52 женщины, медиана возраста — 59 лет. Сроки после проведения ПРК составили 25 лет и более. Медиана показателя переднезадней оси глаз — 25,55 мм. Медианное значение ВГД при автоматической бесконтактной пневмотонометрии — 19 мм рт. ст., при рикошетной тонометрии iCare — 14 мм рт. ст. Построение нейросетевой модели выполнено с использованием пакета Neuralnet версии 1.44.2 в статистической среде языка R. **Результаты исследования:** весь клинический материал случайным образом был разбит на обучающую и тестовую выборки в соотношении 70% : 30%. На обучающей выборке было выполнено построение нейросетевых моделей, на тестовой — верификация полученных моделей на независимых данных и контроль их переобучения. В результате моделирования была получена искусственная нейронная сеть, минимизирующая ошибку прогнозирования, учитывающая уровень ВГД по результатам автоматической бесконтактной пневмотонометрии, возраст, пол, число кератотомических рубцов. Все эти предикторы легко оценимы в условиях амбулаторного кабинета офтальмолога.

Заключение: для более точной оценки уровня ВГД в глазах пациентов с миопией, ранее перенесших ПРК, разработана нейронная сеть, способная на основании данных автоматической бесконтактной пневмотонометрии, а также возраста, пола, числа кератотомических рубцов прогнозировать уровень ВГД, соответствующий показателям рикошетного тонометра iCare, отличающегося более высокой точностью измерения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: передняя радиальная кератотомия, внутриглазное давление, офтальмотонометрия, глаукома, нейронная сеть.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Кулешова Н.А., Пашенцев Я.Е., Сорокин Е.Л. Нейросетевая модель для адекватной оценки внутриглазного давления на основе пневмотонометрии у пациентов, ранее перенесших переднюю радиальную кератотомию. Клиническая офтальмология. 2025;25(спецвыпуск):19–26. DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-2

Pneumotonometry-based neural network model for appropriate measurement of intraocular pressure in patients who underwent anterior radial keratotomy

N.A. Kuleshova¹, I.a.E. Pashentsev¹, E.L. Sorokin^{1,2}

¹Khabarovsk Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Khabarovsk, Russian Federation

²Far Eastern State Medical University, Khabarovsk, Russian Federation

ABSTRACT

Background: point contact tonometry with an iCare rebound tonometer is the most accurate method to measure intraocular pressure (IOP) after anterior radial keratotomy (ARK). However, the technique is almost unavailable in general outpatient practice due to a high cost of the device. Typically, pneumotonometers are used in an outpatient department.

Aim: to develop a non-contact automatic pneumotonometry data-based neural network model ensuring accurate IOP measurement in patients who underwent radial keratotomy.

Material and Methods: IOP levels were measured sequentially with an automatic non-contact pneumotonometer and an iCare rebound point tonometer in 68 patients (135 eyes) experienced ARK. Their median age is 59 years (16 males, 52 females). ARK was performed 25 or more years ago. Median index of AP axis is 25.55 mm. The median IOP level is 19 mmHg and 14 mmHg when measured with an automatic non-contact pneumotonometer and an iCare rebound tonometer, respectively. The neural network model was developed with Neuralnet 1.44.2 in the R statistical environment.

Results: all clinical material was randomized into training and test data sets (70% : 30%). Neural network models were developed on the training data set. Along with this, finished models were verified on independent data and their retraining was monitored on the test data set. The simulation resulted in an artificial neural network mitigating a prediction error and considering data such as automatic non-contact pneumotonometry data-based IOP level, age, sex, and a number of keratotomy scars. All these predictors can be easily evaluated in an outpatient ophthalmologist's office.

Conclusion: to assess an IOP level in post-ARK myopic patients more accurately, a neural network has been developed. It can predict an IOP level similar to that obtained with a more precise iCare rebound tonometer in virtue of automatic non-contact pneumotonometry data, as well as age, sex, and a number of keratotomy scars.

KEYWORDS: anterior radial keratotomy, intraocular pressure, ophthalmotonometry, glaucoma, neural network.

FOR CITATION: Kuleshova N.A., Pashentsev I.A., Sorokin E.L. *Pneumotonometry-based neural network model for appropriate measurement of intraocular pressure in patients who underwent anterior radial keratotomy. Russian Journal of Clinical Ophthalmology. 2025;25(Special Issue):19–26 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-2*

ВВЕДЕНИЕ

Раннее выявление первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ) является одной из важнейших проблем в офтальмологии. Это обусловлено ее высокой распространенностью и угрозой прогрессирующего необратимого распада зрительных функций при далеко зашедших стадиях.

Риск развития ПОУГ значительно возрастает у пациентов с миопией высокой степени [1–6]. Так, A. Ha et al. [6] по результатам метаанализа показали, что на каждую диоптрию увеличения миопии риск формирования ПОУГ возрастает примерно на 20%. Подобного мнения придерживаются также J.B. Jonas et al. [2], которые показали, что увеличение переднезадней оси (ПЗО) глаз свыше 26,0–26,5 мм приводит к значительным гистологическим изменениям в диске зрительного нерва. Так, у пациентов с аксиальной длиной глаза более 33 мм, по их данным, распространенность глаукомной оптической нейропатии достигала 80%.

По мнению N.Y.Q. Tan et al. [7] и Y.X. Wang et al. [8], при увеличении аксиального размера глаза формируются изменения морфометрических параметров структур заднего отрезка, способные создавать дополнительные трудности в диагностике глаукомы у таких пациентов.

К настоящему времени большой пул пациентов с миопической рефракцией, которым в 1980–1990-е годы была выполнена передняя дозированная радиальная кератотомия (ПРК), достигли возраста 50–70 лет и старше. В связи с этим, соответственно, у этих пациентов увеличиваются возрастные риски развития ПОУГ, что особенно актуально при наличии миопии [9–12].

При этом офтальмологи столкнулись с характерными особенностями, затрудняющими оценку измерения уровня внутриглазного давления (ВГД) с помощью тонометра Маклакова у таких пациентов. Это отсутствие идеальной сферичности передней поверхности роговицы в сочетании с изменениями задней поверхности, обусловленные послабляющими насечками на ее периферии и уплощением центральной зоны [13, 14]. Кроме того, имеются данные о том, что у пациентов после ПРК снижаются биомеханические свойства роговицы [15–17]. И, наконец, у ряда пациентов с миопией уровень ВГД может иметь ложно-нормальные, т. е. статистически нормальные значения. Совокупность этих факторов способна дезориентировать офтальмолога, проводящего тонометрию, поскольку они значительно осложняют объективную оценку уровня ВГД у пациентов, ранее перенесших ПРК.

Ряд авторов указывает на высокую погрешность при применении аппланационных методов измерения ВГД у пациентов после кераторефракционных операций. Она зависит от изменения топографии передней поверхности роговицы, ее биомеханических свойств, типа проведенной рефракционной операции [18–20].

Так, С.В. Вострухин [21] и С.Э. Аветисов и соавт. [22] показали низкую достоверность результатов тонометрии, осуществляемую с помощью методик, предполагающих деформацию роговицы и/или ее контакт с тонометром в центральной зоне.

В настоящее время, согласно приказу от 12 ноября 2012 г. № 902н¹, в стандарт технического оснащения офтальмологических кабинетов поликлиник для оценки уровня ВГД должны входить автоматический бесконтактный пневмотонометр, тонометр аппланационный Маклакова.

Автоматический бесконтактный пневмотонометр отличается быстротой выполнения исследования, неинвазивностью, минимизацией рисков инфекционных осложнений. Поэтому в амбулаторной практике окулисты предпочитают использовать этот прибор. Однако к его недостаткам относят то, что выполняемое с помощью него исследование является лишь скрининговым, целью которого является предварительная оценка ВГД, особенно при обследовании большого количества пациентов.

Немаловажным является также то, что при более высоком исходном уровне ВГД пневмотонометр может давать большую погрешность [23–25]. Так, Q.K. Farhood [26] отмечает, что тонометрия при помощи воздушной струи является подходящим методом для общественных массовых скринингов, но может давать завышенные значения ВГД в сравнении с тонометром Гольдмана ввиду большой площади контакта воздушного потока с роговицей, приводящего к ее деформации. Подобного же мнения придерживаются P. Wang et al. [27], которые отметили завышение показателей ВГД у пациентов с миопией при проведении бесконтактной тонометрии в сравнении с тонометрией по Гольдману.

В отношении пациентов, перенесших ПРК, имеются разрозненные немногочисленные данные о градациях и степенях погрешностей измерений уровней ВГД, получаемых при использовании аппланационного и автоматического бесконтактного пневмотонометра [22, 28, 29].

На сегодняшний день по результатам исследований, проведенных в НИИ глазных болезней им. М.М. Краснова, наиболее точным методом измерения уровня ВГД после

¹ Приказ от 12 ноября 2012 г. № 902н «Об утверждении порядка оказания медицинской помощи взрослому населению при заболеваниях глаза, его придаточного аппарата и орбиты (в ред. приказа Минздрава РФ от 09.06.2020 № 558н, от 01.02.2022 № 44н)». (Электронный ресурс.) URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=417471> (дата обращения: 04.10.2024).

ПРК, сопоставимым с манометрическим уровнем ВГД, является точечная контактная тонометрия. Она выполняется с помощью рикошетного тонометра iCare (Icare Finland Oy, Финляндия) [30–32].

Точность измерения с помощью точечного контактного тонометра обусловлена принципом его действия, не зависящим от нарушений сферичности передней поверхности роговицы [33–36]. В отличие от автоматической бесконтактной пневмотонометрии, при выполнении этой методики происходит воздействие лишь на ограниченную поверхность роговицы крошечным зондом с последующим анализом его замедления. Поэтому наличие неравномерностей топографии передней поверхности роговицы не способно повлиять на точность результата. При повышенном уровне ВГД отмечается более выраженное замедление зонда после контакта с роговицей, при низком уровне ВГД, соответственно, меньшее.

В целом ряде исследований отмечено, что показатели, полученные при помощи точечного контактного тонометра iCare, зависят преимущественно от биомеханических свойств роговицы и точки приложения зонда к роговице. При этом они не зависят от нарушений ее сферичности, что характерно для пациентов после ПРК. Так, измерения в центре роговицы и на ее периферии могут отличаться на 3–4 мм рт. ст. [37–39].

Высокая точность тонометрии iCare, вполне сопоставимая с точностью тонометрии по методу Гольдмана, отмечается рядом исследователей [40–42]. Но из-за стоимости как самого тонометра iCare, так и его расходных материалов применение в широкой амбулаторной практике данного прибора менее доступно. Соответственно, он отсутствует в перечне оснащения поликлинических кабинетов.

При массовом использовании пневмотонометров в поликлиническом звене достаточно важным является вопрос: каким значениям тонометра iCare соответствуют показатели, полученные с помощью автоматического бесконтактного пневмотонометра? Однако подобных сведений в литературе мы не нашли. Между тем они могли бы существенно помочь в объективной оценке показателей ВГД у пациентов с миопией, ранее перенесших ПРК, с учетом повышенного риска формирования ПОУГ у таких пациентов. В связи с этим мы решили изучить данную проблему на собственном клиническом материале.

Цель исследования: построить нейросетевую модель, позволяющую адекватно оценивать уровень ВГД у пациентов, перенесших ПРК, основываясь на данных бесконтактной автоматической пневмотонометрии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование проведено при участии 68 пациентов (135 глаз), ранее перенесших ПРК. Среди пациентов 16 мужчин, 52 женщины, медиана возраста составила 59 [54; 65] лет, минимальный — 47 лет, максимальный — 74 года.

Сроки после проведенной ПРК составили 25 лет и более. Показатели ПЗО глаз варьировали от 23,41 до 29,49 мм, медиана значений ПЗО составила 25,55 [24,84; 26,69] мм. У 26 пациентов (52 глаза) размер ПЗО превышал 26 мм рт. ст. Число кератотомических рубцов варьировало от 6 до 24, медиана числа рубцов составила 10 [8; 12].

У всех пациентов уровень ВГД последовательно измеряли двумя различными методами. Сначала использовали метод автоматической бесконтактной пневмотоно-

метрии (TONOREF III, NIDEK, Япония). Затем проводили измерение ВГД с помощью рикошетного точечного тонометра iCare TA01i (iCare, Финляндия).

Тонометрия iCare выполнялась шестикратно, на средней периферии роговицы, с височной ее стороны в 4 мм от лимба в зонах, лишенных кератотомических рубцов. На приборе автоматически рассчитывалось среднее значение уровня ВГД.

Биометрию глаза проводили всем пациентам с помощью оптического биометра OcuScan RxP (Alcon, Германия); число кератотомических рубцов оценивали при выполнении биомикроскопии (щелевая лампа Takagi SM-2N, Япония) при увеличении 16х.

Медиана показателей ВГД, измеренных с помощью метода автоматической бесконтактной пневмотонометрии, составила 19 [16; 25] мм рт. ст., минимальное — 11 мм рт. ст., максимальное — 51 мм рт. ст.

Медиана показателей ВГД, полученных методом рикошетной тонометрии iCare, — 14 [11; 17] мм рт. ст., минимальное — 6 мм рт. ст., максимальное — 29 мм рт. ст.

Вычисляли разность значений обоих показателей. Так, разность показателей ВГД методом пневмотонометрии и iCare варьировала от -17 до +23 мм рт. ст., медиана разности составила 6 [3; 10] мм рт. ст. Например, у женщины 66 лет, с 8 кератотомическими рубцами на левом глазу ВГД по результатам автоматической пневмотонометрии превосходило таковое по результатам измерения с помощью iCare на 23 мм рт. ст. (34 мм рт. ст. против 11 мм рт. ст.). Напротив, у другой пациентки, 62 лет, с 10 рубцами на правом глазу, по результатам автоматической пневмотонометрии уровень ВГД оказался ниже, чем по результатам измерения с помощью iCare, на 17 мм рт. ст. (11 мм рт. ст. против 28 мм рт. ст.).

Статистическую обработку данных, построение регрессионных линейных и нейросетевых моделей выполняли с использованием программы статистического анализа R версии 4.4.0 (R Core Team (2024), <https://www.R-project.org/>).

Нормальность распределения показателей проверяли критерием Шапиро — Уилка. Так как распределения не являлись нормальными, данные представлены в виде Me [Q1; Q3], где Me — медиана, Q1 и Q3 — 1-й и 3-й квартили. Рассчитывали коэффициент корреляции Спирмена и его статистическую значимость. Выполняли анализ качества полученных моделей (анализ ошибок), рассчитывали среднеквадратические, минимальные и максимальные ошибки моделей. Нейросетевые модели строили с использованием пакета Neuralnet версии 1.44.2.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На начальном этапе исследования мы попытались построить линейные регрессионные модели, где в качестве зависимой переменной выступал уровень ВГД, измеренный рикошетным тонометром iCare, а в качестве предикторов — уровень ВГД, измеренный бесконтактным автоматическим пневмотонометром, пол, возраст пациентов, ПЗО глаз, сферические и цилиндрические показатели рефракции, число кератотомических рубцов. Но ни одна модель с различными комбинациями таких предикторов не показала приемлемого качества прогнозирования.

На наш взгляд, это было связано, в первую очередь, с нелинейным характером взаимосвязи между зависимыми

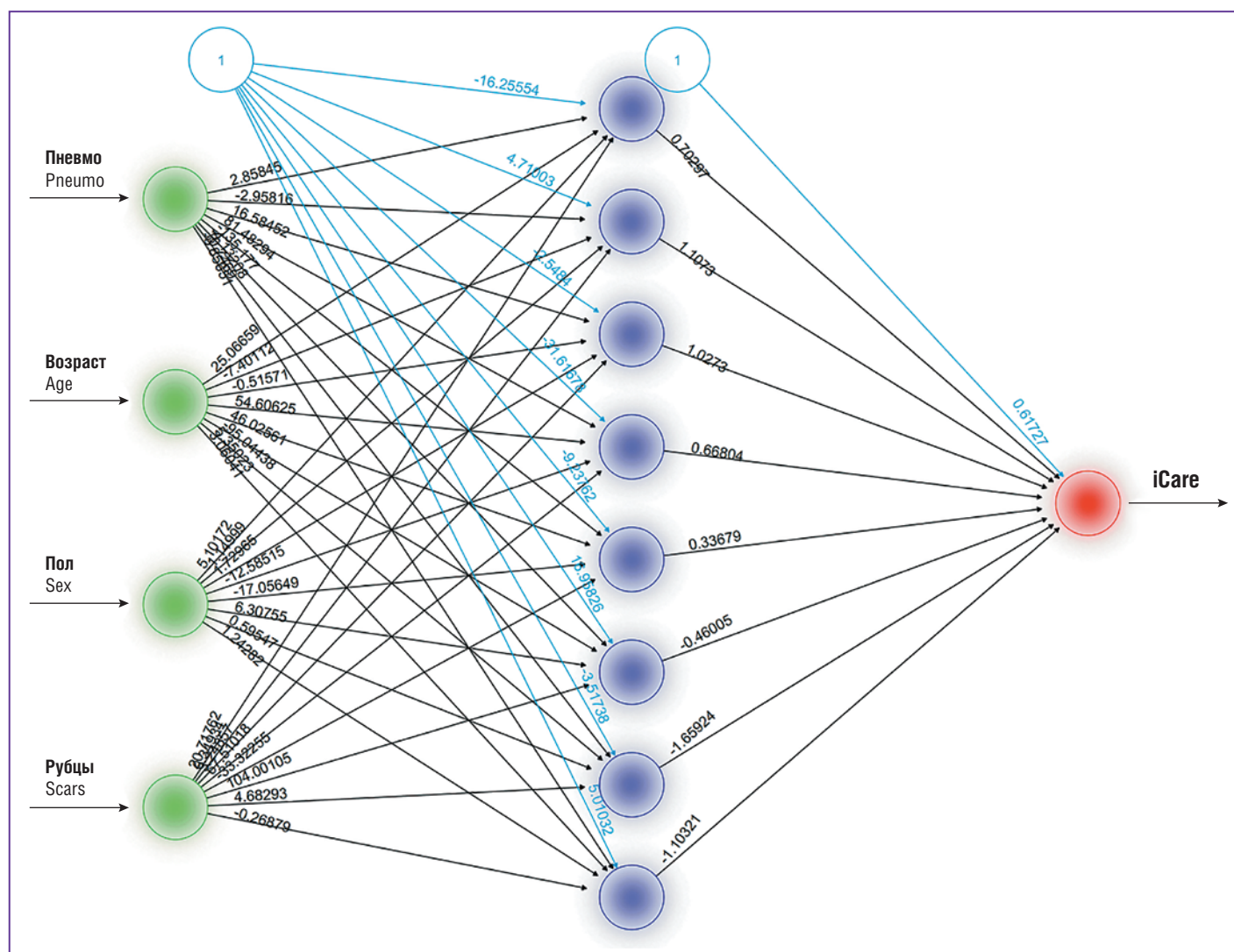


Рис. 1. Архитектура ИНС

Пневмо — уровень ВГД по результатам автоматической бесконтактной пневмотонометрии (мм рт. ст.); возраст — возраст пациента (лет); пол — пол пациента (0 — женский, 1 — мужской); рубцы — число кератотомических рубцов; iCare — прогнозируемое значение ВГД (мм рт. ст.)

Fig. 1. Neural network architecture.

Pneumo — IOP level based on automatic non-contact pneumotonometry (mmHg); Age — patient's age (years); Sex — patient's sex (0 — female, 1 — male); Scars — number of keratotomy scars; iCare — predicted IOP level (mmHg)

и независимыми переменными. Коэффициент корреляции Спирмена, показывающий силу линейной или монотонно преобразованной линейной взаимосвязи между iCare и бесконтактной автоматической пневмотонометрией, был невысок, составляя 0,440 ($p < 0,001$), а с другими рассматриваемыми предикторами iCare коррелировал еще слабее.

Ввиду этого для достижения поставленной цели нами было решено строить предиктивную модель на основе искусственных нейронных сетей (ИНС), поскольку ИНС эффективно справляются с нелинейными зависимостями.

Весь клинический материал случайным образом был разбит на обучающую (training) и тестовую (test) выборки в соотношении 70% : 30%. На обучающей выборке было выполнено построение нейросетевых моделей, на тестовой — верификация полученных моделей на независимых данных и контроль их переобучения.

В качестве ИНС был выбран многослойный перцептрон с обратным распространением ошибки (Rprop). В качестве функции активации нейронов (кроме выходного нейрона) использовали стандартную сигмоиду. Все данные обучаю-

щей и тестовой выборки предварительно были нормализованы в диапазон [0; 1] функцией scale() в программе R.

В результате моделирования была получена ИНС, минимизирующая ошибку прогнозирования (рис. 1).

Архитектура ИНС состоит из входного слоя (4 нейрона), скрытого слоя (8 нейронов) и выходного слоя (1 нейрон). Предикторами модели являются:

- уровень ВГД по результатам автоматической бесконтактной пневмотонометрии (мм рт. ст.),
- возраст пациента (лет),
- пол пациента (0 — женский, 1 — мужской),
- число кератотомических рубцов.

Особо подчеркнем, что все эти предикторы легко оценимы в условиях амбулаторного приема офтальмолога.

Прогностические качества модели представлены на рисунках 2, 3 и в таблице. Под ошибкой прогнозирования здесь следует понимать разность между прогнозируемым и истинным значением параметра iCare.

Как видно из таблицы, для обучающей выборки среднеквадратическая ошибка составила 6,506. Ошибка про-

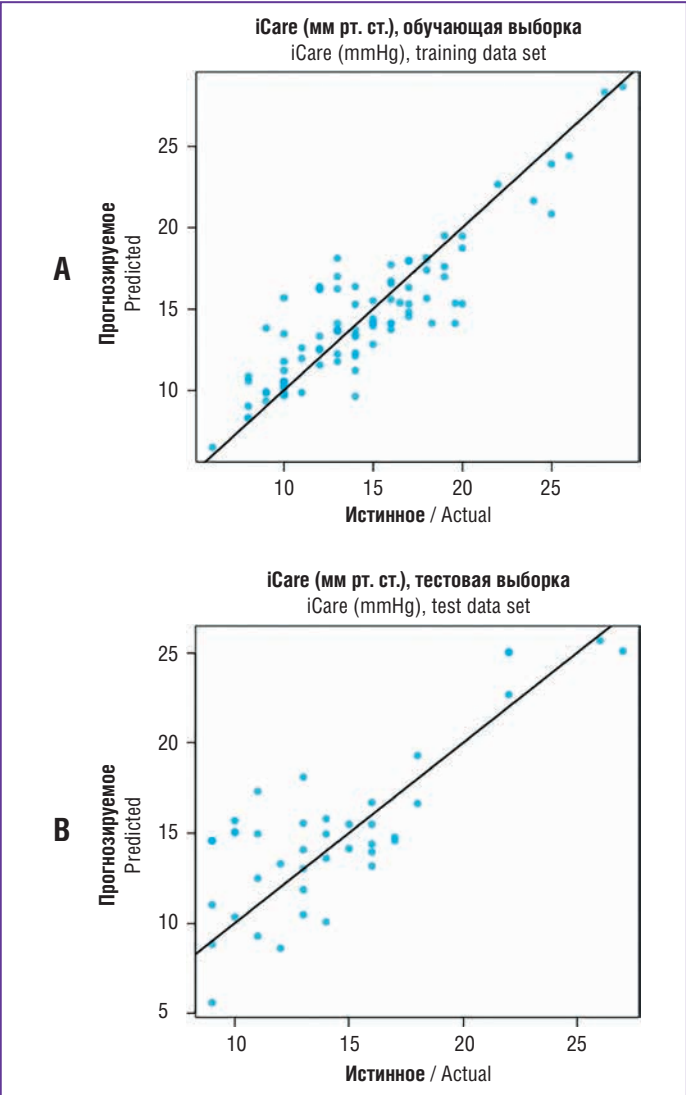


Рис. 2. Прогнозируемые значения в зависимости от истинных значений для показателя iCare в обучающей (А) и тестовой (В) выборках.
Прогнозируемое — прогнозируемое значение ВГД (мм рт. ст.) по данным iCare; истинное — истинное значение ВГД (мм рт. ст.) по данным iCare
Fig. 2. Predicted vs actual iCare values on training (A) and test (B) data sets
Predicted — predicted IOP level (mmHg) according to iCare; Actual — actual IOP level (mmHg) according to iCare

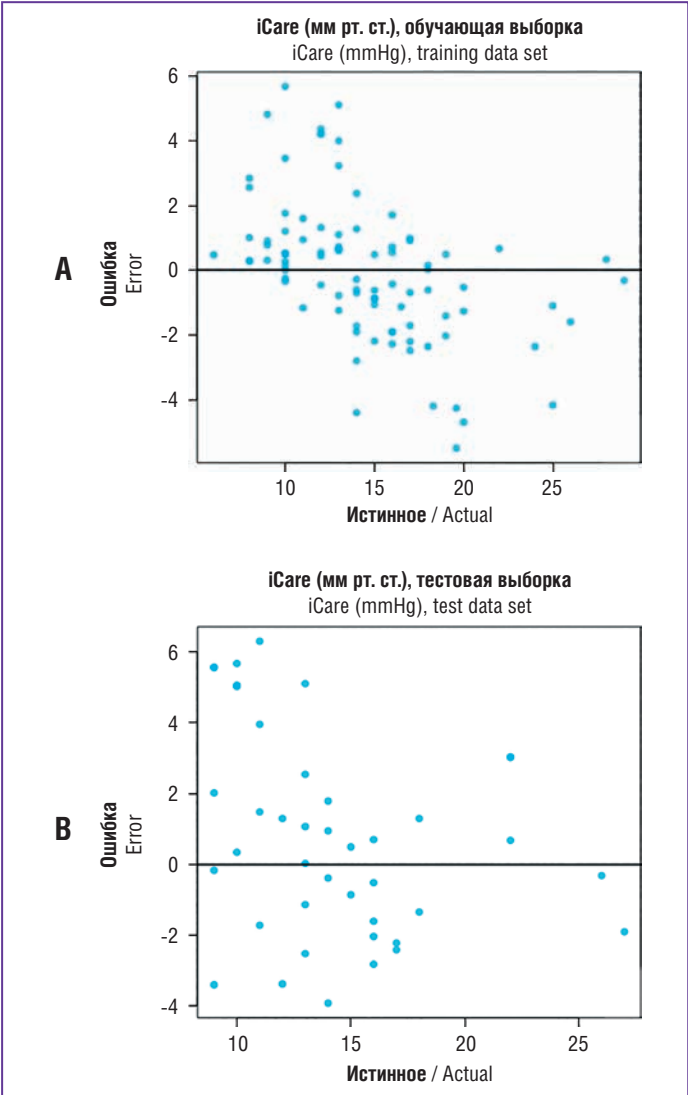


Рис. 3. Ошибка прогнозирования в зависимости от истинных значений для показателя iCare в обучающей (А) и тестовой (В) выборках
Ошибка — ошибка прогнозирования; истинное — истинное значение ВГД (мм рт. ст.) по данным iCare
Fig. 3. Prediction error vs actual iCare values on training (A) and test (B) data sets
Error — prediction error; Actual — actual IOP level (mmHg) according to iCare

Таблица. Анализ ошибок
Table. Error analysis

Выборка Data set	Среднеквадратическая ошибка Mean squared error	Минимум ошибки Error min	Максимум ошибки Error max	Доля наблюдений с ошибкой в диапазоне ±3 мм рт. ст. / Percentage of observations with- in±3 mm Hg error range
Обучающая / Training	6,506	-5,5	+5,7	84%
Тестовая / Test	8,521	-4	+6,3	68%

гнозирования лежала в пределах от -5,5 до 5,7 мм рт. ст. Но для подавляющего большинства (84%) наблюдений ошибка находилась в небольшом диапазоне ±3 мм рт. ст.
Для тестовой выборки среднеквадратическая ошибка составила 8,521. При этом ошибка прогнозирования находилась в пределах от -4 до 6,3 мм рт. ст. Для 68% наблю-

дений ошибка прогнозирования находилась в диапазоне ±3 мм рт. ст. В целом на тестовом наборе данных ИНС показала вполне удовлетворительный результат в виде минимального расхождения прогнозируемых и фактических показателей уровня ВГД, что свидетельствует о хороших прогностических способностях полученной модели.

ОБСУЖДЕНИЕ

Проблема адекватной оценки уровня ВГД у пациентов с миопией, ранее перенесших ПРК, все более актуализируется из-за нарастающего числа таких пациентов, достигших 50–70-летнего возраста. С целью своевременного выявления ПОУГ основной упор делается на амбулаторное звено офтальмологов. Но большинство амбулаторных кабинетов оснащено бесконтактными автоматическими пневмотонометрами в связи с удобством их применения, минимизацией рисков инфекционных осложнений, а также быстротой проводимых измерений. Однако с учетом изменения ряда важных характеристик роговицы у пациентов после ПРК (неравномерность топографии передней поверхности, снижение ее биомеханических свойств) измерение уровня ВГД автоматическим бесконтактным пневмотонометром сопряжено с высокой вероятностью ошибок [43, 44].

Более точные показания ВГД при наличии кератотомических рубцов способен дать тонометр iCare. Но с учетом невозможности укомплектования широкой сети поликлинического звена столь дорогостоящими тонометрами нами разработана нейросетевая модель, позволяющая по показателям автоматической бесконтактной пневмотонометрии прогнозировать уровень ВГД, соответствующий показателям тонометра iCare. При этом также учитывается ряд показателей: возраст, пол пациента, число кератотомических рубцов. Разработанная нами нейросетевая модель может быть использована врачами-офтальмологами как поликлинического звена, так и стационаров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для более точной оценки уровня ВГД у пациентов с миопией, ранее перенесших ПРК, разработана нейросетевая модель, способная по данным автоматической бесконтактной пневмотонометрии прогнозировать уровень ВГД, соответствующий показателям рикошетного тонометра iCare, отличающегося более высокой точностью измерения.

Литература / References

1. Wong T.Y., Klein B.E., Klein R. et al. Refractive errors, intraocular pressure, and glaucoma in a white population. *Ophthalmology*. 2003;110(1):211–217. DOI: 10.1016/s0161-6420(02)01260-5
2. Jonas J.B., Wang Y.X., Dong L., Panda-Jonas S. High Myopia and Glaucoma-Like Optic Neuropathy. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*. 2020;9(3):234–238. DOI: 10.1097/APO.0000000000000288
3. Mitchell P., Hourihan F., Sandbach J., Wang J.J. The Relationship between Glaucoma and Myopia: The Blue Mountains Eye Study. *Ophthalmology*. 1999;106(10):2010–2015. DOI: 10.1016/S0161-6420(99)90416-5
4. Kuzin A.A., Varma R., Reddy H.S. et al. Ocular Biometry and Open Angle Glaucoma: The Los Angeles Latino Eye Study. *Ophthalmology*. 2010;117(6):1713–1719. DOI: 10.1016/j.ophtha.2010.01.035
5. Perera S.A., Wong T.Y., Tay W.-T. et al. Refractive Error, Axial Dimensions, and Primary Open-Angle Glaucoma: The Singapore Malay Eye Study. *Arch Ophthalmol*. 2010;128(7):900–905. DOI: 10.1001/archophthol.2010.125
6. Ha A., Kim C.Y., Shim S.R. et al. Degree of Myopia and Glaucoma Risk: A Dose-Response Meta-Analysis. *Am J Ophthalmol*. 2022;236:107–119. DOI: 10.1016/j.ajo.2021.10.007

7. Tan N.Y.Q., Sng C.C.A., Jonas J.B. et al. Glaucoma in myopia: diagnostic dilemmas. *Br J Ophthalmol*. 2019;103(10):1347–1355. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2018-313530
8. Wang Y.X., Panda-Jonas S., Jonas J.B. Optic nerve head anatomy in myopia and glaucoma, including parapapillary zones alpha, beta, gamma and delta: Histology and clinical features. *Prog Retin Eye Res*. 2021;83:100933. DOI: 10.1016/j.preteyeres.2020.100933
9. Le A., Mukesh B.N., McCarty C.A., Taylor H.R. Risk factors associated with the incidence of open-angle glaucoma: the visual impairment project. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2003;44(9):3783–3789. DOI: 10.1167/iovs.03-0077
10. Suzuki Y., Iwase A., Araie M. et al. Risk factors for open-angle glaucoma in a Japanese population: the Tajimi Study. *Ophthalmology*. 2006;113(9):1613–1617. DOI: 10.1016/j.ophtha.2006.03.059
11. European Glaucoma Prevention Study (EGPS) Group; Miglior S., Pfeiffer N., Torri V. et al. Predictive factors for open-angle glaucoma among patients with ocular hypertension in the European Glaucoma Prevention Study. *Ophthalmology*. 2007;114(1):3–9. DOI: 10.1016/j.ophtha.2006.05.075
12. Fujino Y., Asaoka R., Murata H. et al. Evaluation of Glaucoma Progression in Large-Scale Clinical Data: The Japanese Archive of Multicentral Databases in Glaucoma (JAMDIG). *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2016;57(4):2012–2020. DOI: 10.1167/iovs.15-19046
13. Пасикова Н.В. Состояние роговой оболочки в отдаленном периоде после передней радиальной кератотомии. *Офтальмология*. 2018;15(1):38–42. DOI: 10.18008/1816-5095-2018-1-38-42
14. Пасикова Н.В. Long Term Follow-up of the Corneal State after Anterior Radial Keratotomy. *Ophthalmology in Russia*. 2018;15(1):38–42 (in Russ.). DOI: 10.18008/1816-5095-2018-1-38-42
15. Цыренжапова Е.К., Розанова О.И., Селиверстова Н.Н. Анализ оптических свойств задней поверхности роговицы у пациентов после передней радиальной кератотомии. *Acta Biomedica Scientifica*. 2019;4(4):24–29. DOI: 10.29413/ABS.2019-4.4.3
16. Тсыренжапова Е.К., Розанова О.И., Селиверстова Н.Н. Analysis of Optical Properties of Posterior Surface of Cornea in Patients after Anterior Radial Keratotomy. *Acta Biomedica Scientifica*. 2019;4(4):24–29 (in Russ.). DOI: 10.29413/ABS.2019-4.4.3
17. Аветисов С.Э., Антонов А.А., Вострухин С.В. Прогрессирующая гиперметропия после радиальной кератотомии: возможные причины. *Вестник офтальмологии*. 2015;131(2):13–18. DOI: 10.17116/oftalma2015131213-18
18. Аветисов С.Э., Антонов А.А., Вострухин С.В. Progressive hyperopic shift after radial keratotomy: possible causes. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2015;131(2):13–18 (in Russ.). DOI: 10.17116/oftalma2015131213-18
19. Воронин Г.В., Бубнова И.А. Изменения биомеханических свойств роговицы после кераторефракционных вмешательств. *Вестник офтальмологии*. 2019;135(4):108–112. DOI: 10.17116/oftalma2019135041108
20. Воронин Г.В., Бубнова И.А. Changes in biomechanical properties of the cornea after keratorefractive surgery. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2019;135(4):108–112 (in Russ.). DOI: 10.17116/oftalma2019135041108
21. Аветисов С.Э., Федоров А.А., Введенский А.С., Ненюков А.К. Экспериментальное исследование влияния радиальной кератотомии на механические свойства роговицы. *Офтальмологический журнал*. 1990;45(1):54–58.
22. Аветисов С.Э., Федоров А.А., Введенский А.С., Ненюков А.К. Experimental study of the effect of radial keratotomy on the mechanical properties of the cornea. *Ophthalmological journal*. 1990;45(1):54–58 (in Russ.).
23. Вострухин С.В., Агаджанян Т.М., Фокина Н.Д., Шерстнева Л.В. Особенности тонометрии после кераторефракционных операций (обзор литературы). *РМЖ. Клиническая офтальмология*. 2015;15(2):77–82.

- Vostrukhin S.V., Agadzhanian T.M., Fokina N.D., Sherstneva L.V. Features of tonometry after keratorefractive surgeries (literature review). *RMJ. Clinical ophthalmology*. 2015;15(2):77–82 (in Russ.).
19. Sastry S.M., Sperduto R.D., Waring G.O. 3rd et al. Radial keratotomy does not affect intraocular pressure. *Refract Corneal Surg*. 1993;9(6):459–464.
20. Faucher A., Grégoire J., Blondeau P. Accuracy of Goldmann tonometry after refractive surgery. *J Cataract Refract Surg*. 1997;23(6):832–838. DOI: 10.1016/s0886-3350(97)80239-8
21. Вострухин С.В. Влияние кераторефракционных операций на показатели офтальмотонометрии. *Национальный журнал глаукома*. 2015;14(2):82–92.
- Vostrukhin S.V. The effect of keratorefractive surgery on the intraocular pressure measurement. *National Journal glaucoma*. 2015;14(2):82–92 (in Russ.).
22. Аветисов С.Э., Антонов А.А., Вострухин С.В. Состояние после радиальной кератотомии: сравнение показателей тонометрии манометрических данных. VII Российский общенациональный офтальмологический форум: сб. науч. работ. 2014;2:519–522.
- Avetisov S.E., Antonov A.A., Vostrukhin S.V. Condition after radial keratotomy: comparison of tonometry and manometric data. VII Russian National Ophthalmological Forum: collection of scientific papers. 2014;2:519–522 (in Russ.).
23. Мачехин В.А., Львов В.А. К вопросу о сопоставимости результатов исследования истинного внутриглазного давления по данным пневмотонометра Reichert 7CR и аппланационной тонометрии по Маклакову. *Вестник ТГУ*. 2015;20(4):776–780.
- Machekhin V.A., Lvov V.A. Regarding the comparability of the investigation outcomes of the true intraocular pressure according to the pneunotometer Reichert 7cr data and applanation tonometry by Maklakov. *Tambov University Reports*. 2015;20(4):776–780 (in Russ.).
24. Белов Д.Ф., Зумбулидзе Н.Г., Юсупова А.И., Касымов Ф.О. Сравнение и сопоставимость результатов пневмотонометрии и рикошетной тонометрии с аппланационной тонометрией по Маклакову. *Офтальмологические ведомости*. 2023;16(1):39–46. DOI: 10.17816/OV321245
- Belov D.F., Zumbulidze N.G., Yusupova A.I., Kasymov F.O. Comparison and comparability of pneumotonometry and rebound tonometry results with Maklakov's applanation tonometry. *Ophthalmology Reports*. 2023;16(1):39–46 (in Russ.). DOI: 10.17816/OV321245
25. Чупров А.Д., Пидодний Е.А., Трубников В.А. Сравнительная характеристика тонометрии по Маклакову и автоматизированных методов измерения внутриглазного давления. *Национальный журнал глаукома*. 2023;22(4):27–32. DOI: 10.53432/2078-4104-2023-22-4-27-32
- Chuprov A.D., Pidodniy E.A., Trubnikov V.A. Comparative analysis of Maklakov and automated ocular tonometry methods of intraocular pressure measurement. *National Journal glaucoma*. 2023;22(4):27–32 (in Russ.). DOI: 10.53432/2078-4104-2023-22-4-27-32
26. Farhood Q.K. Comparative evaluation of intraocular pressure with an air-puff tonometer versus a Goldmann applanation tonometer. *Clin Ophthalmol*. 2013;7:23–27. DOI: 10.2147/OPTH.S38418
27. Wang P., Song Y., Lin F. et al. Comparison of Non-contact Tonometry and Goldmann Applanation Tonometry Measurements in Non-pathologic High Myopia. *Front Med (Lausanne)*. 2022;9:819715. DOI: 10.3389/fmed.2022.819715
28. Maloley L.A., Razeghinejad M.R., Havens S.J. et al. Pneumotonometer Accuracy Using Manometric Measurements after Radial Keratotomy, Clear Corneal Incisions and Lamellar Dissection in Porcine Eyes. *Curr Eye Res*. 2020;45(1):1–6. DOI: 10.1080/02713683.2019.1652915
29. Scheuerle A.F., Martin M., Voelcker H.E., Auffarth G. Undetected development of glaucoma after radial keratotomy. *J Refract Surg*. 2008;24(1):51–54. DOI: 10.3928/1081597X-20080101-09
30. Аветисов С.Э., Новиков И.А., Антонов А.А. и др. Экспериментальная оценка возможности измерения давления в передней камере глаза. VII Российский общенациональный офтальмологический форум: сб. науч. работ. 2014;2:398–401.
- Avetisov S.E., Novikov I.A., Antonov A.A. et al. Experimental assessment of the possibility of measuring pressure in the anterior chamber of the eye. VII Russian National Ophthalmological Forum: collection of scientific papers. 2014;2:398–401 (in Russ.).
31. Вострухин С.В. Внутриглазное давление и биомеханические свойства фиброзной оболочки глаза у пациентов, перенесших радиальную кератотомию. *Поле зрения*. 2015;6:30–31.
- Vostrukhin S.V. Intraocular pressure and biomechanical properties of the fibrous membrane of the eye in patients who underwent radial keratotomy. *Field of vision*. 2015;6:30–31 (in Russ.).
32. Труфанов С.В., Малозжен С.А., Антонов А.А., Макарова М.А. Современные возможности офтальмотонометрии при патологических изменениях роговицы. *Вестник офтальмологии*. 2022;138(1):71–77. DOI: 10.17116/oftalma202213801171
- Trufanov S.V., Malozhen S.A., Antonov A.A., Makarova M.A. Modern capabilities of ophthalmic tonometry in pathologically altered corneas. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2022;138(1):71–77 (in Russ.). DOI: 10.17116/oftalma202213801171
33. Garcia-Feijoo J., Martinez-de-la-Casa J.M., Morales-Fernandez L. et al. New technologies for measuring intraocular pressure. *Prog Brain Res*. 2015;221:67–79. DOI: 10.1016/bs.pbr.2015.06.003
34. Kniesedte C., Punjabi O., Lin S., Stamper R.L. Tonometry through the ages. *Surv Ophthalmol*. 2008;53(6):568–591. DOI: 10.1016/j.survophthal.2008.08.024
35. Feng C.S., Jin K.W., Yi K., Choi D.G. Comparison of Intraocular Pressure Measurements Obtained by Rebound, Noncontact, and Goldmann Applanation Tonometry in Children. *Am J Ophthalmol*. 2015;160(5):937–943.e1. DOI: 10.1016/j.ajo.2015.07.029
36. Nakakura S. Icare® rebound tonometers: review of their characteristics and ease of use. *Clin Ophthalmol*. 2018;12:1245–1253. DOI: 10.2147/OPTH.S163092
37. Muttuvolu D.V., Baggesen K., Ehlers N. Precision and accuracy of the ICare tonometer — Peripheral and central IOP measurements by rebound tonometry. *Acta Ophthalmol*. 2012;90(4):322–326. DOI: 10.1111/j.1755-3768.2010.01987.x
38. Chui W.S., Lam A., Chen D., Chiu R. The influence of corneal properties on rebound tonometry. *Ophthalmology*. 2008;115(1):80–84. DOI: 10.1016/j.ophtha.2007.03.061
39. Brown L., Foulsham W., Pronin S., Tatham A.J. The Influence of Corneal Biomechanical Properties on Intraocular Pressure Measurements Using a Rebound Self-tonometer. *J Glaucoma*. 2018;27(6):511–518. DOI: 10.1097/IJG.0000000000000948
40. Liu J., De Francesco T., Schlenker M., Ahmed II. Icare Home Tonometer: A Review of Characteristics and Clinical Utility. *Clin Ophthalmol*. 2020;14:4031–4045. DOI: 10.2147/OPTH.S284844
41. Tan S., Yu M., Baig N., Hansapinyo L., Tham C.C. Agreement of patient-measured intraocular pressure using rebound tonometry with Goldmann applanation tonometry (GAT) in glaucoma patients. *Sci Rep*. 2017;7:42067. DOI: 10.1038/srep42067
42. Chen M., Zhang L., Xu J. et al. Comparability of three intraocular pressure measurement: iCare pro rebound, non-contact and Goldmann applanation tonometry in different IOP group. *BMC Ophthalmol*. 2019;19(1):225. DOI: 10.1186/s12886-019-1236-5
43. Mohan S., Tiwari S., Jain A. et al. Clinical comparison of Pulsair non-contact tonometer and Goldmann applanation tonometer in Indian population. *J Optom*. 2014;7(2):86–90. DOI: 10.1016/j.optom.2013.06.002
44. Бубнова И.А., Асатрян С.В. Биомеханические свойства роговицы и показатели тонометрии. *Вестник офтальмологии*. 2019;135(4):27–32. DOI: 10.17116/oftalma201913504127

Bubnova I.A., Asatryan S.V. Biomechanical properties of the cornea and tonometry measurements. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2019;135(4):27–32 (in Russ.). DOI: 10.17116/oftalma201913504127

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Кулешова Наталья Алексеевна — заведующая лечебно-диагностическим отделением, врач-офтальмолог Хабаровского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 680033, Россия, г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская, д. 211; ORCID iD 0000-0002-2061-1920

Пашенцев Ярослав Евгеньевич — младший научный сотрудник Хабаровского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 680033, Россия, г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская, д. 211; ORCID iD 0000-0001-5446-0633

Сорокин Евгений Леонидович — д.м.н., профессор, заместитель директора по научной работе Хабаровского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 680033, Россия, г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская, д. 211; профессор кафедры общей и клинической хирургии ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный медицинский университет» Минздрава России; 680000, Россия, г. Хабаровск, ул. Муравьева-Амурского, д. 35; ORCID iD 0000-0002-2028-1140

Контактная информация: Кулешова Наталья Алексеевна, e-mail: naukakhvmntk@mail.ru

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

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 27.12.2024.

Поступила после рецензирования 21.01.2025.

Принята в печать 13.02.2025.

ABOUT THE AUTHORS:

Nataliya A. Kuleshova — Head of the Medical and Diagnostic Department, Ophthalmologist, Khabarovsk Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 211, Tikhookeanskaya str., Khabarovsk, 680033, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-2061-1920

Iaroslav E. Pashentsev — Junior Scientific Officer, Khabarovsk Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 211, Tikhookeanskaya str., Khabarovsk, 680033, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-5446-0633

Evgenyi L. Sorokin — D. Sc. (Med.), Professor, Deputy Director for Scientific Work, Khabarovsk Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 211, Tikhookeanskaya str., Khabarovsk, 680033, Russian Federation; Professor of the Department of General and Clinical Surgery, Far Eastern State Medical University; 35, Murav'yov-Amurskyi str., Khabarovsk, 680000, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-2028-1140

Contact information: Nataliya A. Kuleshova, e-mail: naukakhvmntk@mail.ru

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

There is no conflict of interest.

Received 27.12.2024.

Revised 21.01.2025.

Accepted 13.02.2025.

DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-3

Оценка противовоспалительной эффективности комбинированной терапии фторметолоном и тобрамицином у пациентов после факоэмульсификации катаракты в сравнении с комбинированной терапией дексаметазоном и тобрамицином

В.А. Трубников^{1,2}, А.С. Фирсов¹, В.Л. Ким¹, Э.А. Петросян¹, Ю.С. Кувайцева¹¹Оренбургский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Оренбург, Российская Федерация²Оренбургский государственный университет, Оренбург, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: оценить противовоспалительную эффективность комбинированной терапии фторметолоном и тобрамицином у пациентов после факоэмульсификации катаракты (ФЭК) в сравнении с комбинированной терапией дексаметазоном и тобрамицином.

Материал и методы: объектом исследования явились пациенты с катарактой, перенесшие ФЭК с имплантацией интраокулярной линзы (n=60). Все пациенты были разделены на две однородные группы. Пациентам 1-й группы после хирургического лечения был назначен комбинированный лекарственный препарат фторметолон 1 мг / тобрамицин 3 мг, пациентам 2-й группы — комбинированный лекарственный препарат дексаметазон 1 мг / тобрамицин 3 мг. Оценивали симптомы (светобоязнь, слезотечение, ощущение инородного тела, боль, зуд) и признаки (гиперемия и/или отек конъюнктивы, фибриноидный синдром, задние синехии), а также уровень внутриглазного давления (ВГД), проводили пахиметрию. Все измерения выполнялись одним и тем же специалистом в предоперационном периоде, в 1-й и на 7-й послеоперационный день.

Результаты исследования: среднее значение толщины роговицы до операции у пациентов 1-й группы составило $530,9 \pm 24,3$ мкм, у пациентов 2-й группы — $529,7 \pm 22,6$ мкм ($p=0,9704$). Среднее значение уровня ВГД до операции у пациентов 1-й группы составило $18,1 \pm 1,6$ мм рт. ст., у пациентов 2-й группы — $18,5 \pm 1,7$ мм рт. ст. ($p>0,05$). В 1-е сутки после оперативного вмешательства значение толщины роговицы у пациентов 1-й группы увеличилось до $535,7 \pm 24,5$ мкм, а у пациентов 2-й группы — до $534,6 \pm 22,7$ мкм ($p>0,05$). Среднее значение уровня ВГД у пациентов 1-й группы в 1-е сутки после операции составило $19,5 \pm 1,6$ мм рт. ст., у пациентов 2-й группы — $20,1 \pm 2,5$ мм рт. ст. ($p>0,05$). На 7-й день после операции значение толщины роговицы у пациентов 1-й группы составило $532,5 \pm 23,9$ мкм, а у пациентов 2-й группы — $530,9 \pm 22,5$ мкм ($p>0,05$). Значение уровня ВГД у пациентов 1-й группы составило $18,6 \pm 2,0$ мм рт. ст., а у пациентов 2-й группы — $21,1 \pm 2,5$ мм рт. ст. ($p<0,05$).

Заключение: комбинированная терапия фторметолоном и тобрамицином демонстрирует значительное противовоспалительное действие, что подтверждается снижением частоты развития провоспалительных симптомов, признаков и уменьшением толщины роговицы у пациентов в раннем послеоперационном периоде. Это свидетельствует о ее эффективности в профилактике осложнений после ФЭК. Статистически значимые отличия средних значений уровня ВГД в группах сравнения указывают на то, что комбинированная лекарственная терапия фторметолоном и тобрамицином в меньшей степени способствует повышению ВГД по сравнению с терапией дексаметазоном и тобрамицином.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: факоэмульсификация катаракты, послеоперационное ведение, фторметолон, дексаметазон, «мягкие стероиды», глюкокортикостероиды.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Трубников В.А., Фирсов А.С., Ким В.Л., Петросян Э.А., Кувайцева Ю.С. Оценка противовоспалительной эффективности комбинированной терапии фторметолоном и тобрамицином у пациентов после факоэмульсификации катаракты в сравнении с комбинированной терапией дексаметазоном и тобрамицином. Клиническая офтальмология. 2025;25(специальный):27–31. DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-3

Evaluation of anti-inflammatory efficacy of a combination therapy (fluorometholone + tobramycin) in patients underwent cataract phacoemulsification as compared with those received another combination therapy (dexamethasone + tobramycin)

V.A. Trubnikov^{1,2}, A.S. Firsov¹, V.L. Kim¹, E.A. Petrosyan¹, Yu.S. Kuvaitseva¹¹Orenburg Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Orenburg, Russian Federation²Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation

ABSTRACT

Aim: to evaluate anti-inflammatory efficacy of a combination therapy (fluorometholone + tobramycin) in patients underwent cataract phacoemulsification as compared with those received another combination therapy (dexamethasone + tobramycin).

Materials and Methods: cataract patients who underwent phacoemulsification with implantation of an intraocular lens ($n=60$) were enrolled in the study. All subjects were divided into two similar groups. After the surgical intervention, a Group 1 received a combination product (fluorometholone 1 mg / tobramycin 3 mg), and a Group 2 received another combination product (dexamethasone 1 mg / tobramycin 3 mg). Symptoms (i. e., photophobia, lacrimation, foreign body sensation, pain, and itch) and signs (conjunctival hyperemia and/or swelling, fibrinoid syndrome, and posterior synechiae), as well as intraocular pressure (IOP) level and pachymetry data were evaluated. All the measurements were performed by the same specialist before the surgery, as well as on the Day 1 and the Day 7 after it.

Results: before the surgery, mean corneal thickness was $530.9 \pm 24.3 \mu\text{m}$ and $529.7 \pm 22.6 \mu\text{m}$ in Groups 1 and 2, respectively ($p=0.9704$). Mean pre-surgical IOP level was $18.1 \pm 1.6 \text{ mmHg}$ and $18.5 \pm 1.7 \text{ mmHg}$ in Groups 1 and 2, respectively ($p>0.05$). On the Day 1 after the surgery, corneal thickness increased to $535.7 \pm 24.5 \mu\text{m}$ and $534.6 \pm 22.7 \mu\text{m}$ in Groups 1 and 2, respectively ($p>0.05$). Mean IOP level was $19.5 \pm 1.6 \text{ mmHg}$ and $20.1 \pm 2.5 \text{ mmHg}$ in Groups 1 and 2, respectively, on the Day 1 after the surgery ($p>0.05$). On the Day 7 after the surgery, corneal thickness was $532.5 \pm 23.9 \mu\text{m}$ and $530.9 \pm 22.5 \mu\text{m}$ in Groups 1 and 2, respectively ($p>0.05$). Mean IOP level was $18.6 \pm 2.0 \text{ mmHg}$ and $21.1 \pm 2.5 \text{ mmHg}$ in Groups 1 and 2, respectively ($p>0.05$).

Conclusion: the combination therapy (fluorometholone + tobramycin) demonstrates a significant anti-inflammatory effect confirmed by a decreased incidence of pro-inflammatory symptoms and signs, as well as reduced corneal thickness in the early post-surgical period. This indicates its efficacy in prevention of cataract phacoemulsification complications. As following from statistically significant differences of mean IOP levels in compared groups, the combined drug therapy (fluorometholone + tobramycin) causes an increase in IOP level in a less degree than dexamethasone + tobramycin.

KEYWORDS: cataract phacoemulsification, postoperative management, fluorometholone, dexamethasone, "mild steroids", glucocorticosteroids.

FOR CITATION: Trubnikov V.A., Firsov A.S., Kim V.L., Petrosyan E.A., Kuvaitseva Yu.S. Evaluation of anti-inflammatory efficacy of a combination therapy (fluorometholone + tobramycin) in patients underwent cataract phacoemulsification as compared with those received another combination therapy (dexamethasone + tobramycin). *Russian Journal of Clinical Ophthalmology*. 2025;25(Special Issue):27–31 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-3

ВВЕДЕНИЕ

Современная хирургия катаракты значительно снизила частоту осложнений и сократила время реабилитации. Однако любое хирургическое вмешательство на переднем отрезке глаза вызывает асептическое воспаление, что может привести к накоплению медиаторов воспаления в водянистой влаге. Если воспаление не купировать, могут развиваться такие осложнения, как отек роговицы и энд-офтальмит [1].

В офтальмологии для терапии воспалительных заболеваний применяются комбинированные препараты, содержащие как антибиотики, так и глюкокортикостероиды (ГКС). Местные ГКС используются для предотвращения или уменьшения воспалительных реакций после операций, а антибиотики являются стандартом профилактического лечения после хирургических вмешательств. В качестве такой фиксированной комбинации применяются для контроля воспаления и предотвращения инфекций капли тобрамицин/дексаметазон. Однако дексаметазон может вызывать нежелательные эффекты, такие как глазная гипертензия и вторичная глаукома, обусловленные применением ГКС. Это создает необходимость в местных противовоспалительных средствах, которые имеют сопоставимую эффективность, но не приводят к значительному повышению внутриглазного давления (ВГД). Для решения этой проблемы были разработаны так называемые «мягкие стероиды», которые относятся к классу ГКС и менее склонны вызывать повышение ВГД, при этом обладают высокой эффективностью и хорошим профилем безопасности. Одним из таких препаратов является фторметолон. Его противовоспалительное действие превосходит действие дексаметазона, в то время как системная иммуносупрессивная активность ниже. Кроме того, фторметолон способствует увеличению экспрессии муцинов в эпителии конъюнктивы и роговицы [2].

Для профилактики инфекционных осложнений офтальмологи наиболее часто используют антибиотики из групп аминогликозидов и фторхинолонов, так как они демонстрируют высокую эффективность против большинства грамположительных и грамотрицательных бактерий.

Эффективность этих антибиотиков в офтальмологической практике во многом определяется их способностью проникать в ткани глаза. Существует множество исследований [3, 4], которые указывают на то, что выбор подходящего антибиотика при выполнении хирургических операций по удалению катаракты остается предметом обсуждения.

В отечественной научной литературе представлено несколько исследований [5, 6], посвященных оценке эффективности различных комбинированных противовоспалительных препаратов для профилактики осложнений после ФЭК. Однако в доступных источниках отсутствуют данные о применении комбинации фторметолона/тобрамицина у данной категории пациентов.

Цель исследования: оценить противовоспалительную эффективность комбинированной терапии фторметолоном и тобрамицином у пациентов после ФЭК в сравнении с комбинированной терапией дексаметазоном и тобрамицином.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектом исследования явились пациенты с катарактой мужского или женского пола, перенесшие ФЭК с имплантацией интраокулярной линзы (60 пациентов (60 глаз)). Для повышения точности результатов были сформированы максимально однородные группы по двум основным критериям: возрасту (пациенты принадлежали к одной возрастной группе) и степени плотности ядра хрусталика. Рандомизация участников исследования по группам сравнения проводилась с помощью генератора случайных чисел. Пациентам 1-й группы после хирургического лечения катаракты глаза был назначен комбинированный лекарственный препарат фторметолон 1 мг / тобрамицин 3 мг. Пациентам 2-й группы был назначен комбинированный лекарственный препарат дексаметазон 1 мг / тобрамицин 3 мг.

Средний возраст всех пациентов составил $67 \pm 8,3$ года (от 51 года до 89 лет). Средний возраст пациентов 1-й группы был несколько выше, чем пациентов 2-й группы, — $68 \pm 8,6$ и $67 \pm 8,1$ года соответственно ($p=0,8705$).

Критериями исключения являлись: любые заболевания глаз, которые могли бы помешать оценке (патология роговицы, увеит, глаукома, отслойка сетчатки или оптическая нейропатия), наличие системных заболеваний, таких как сахарный диабет и др., прием системных или местных противовоспалительных средств в течение предыдущих 30 дней.

Оценивали симптомы (светобоязнь, слезотечение, ощущение инородного тела, боль, зуд) и признаки (гиперемия и/или отек конъюнктивы, фибриноидный синдром, задние синехии), уровень ВГД, степень опалесценции влаги передней камеры, выполняли пахиметрию.

Все измерения были проведены одним и тем же специалистом в предоперационном периоде, в 1-й и 7-й послеоперационный день. Оценка общих симптомов и признаков до операции не проводилась, так как в исследование были включены пациенты, не страдающие заболеваниями глаз, которые могли бы помешать их оценке.

Статистическая обработка материала включила методы описательной статистики: расчет средних и относительных величин. Анализ статистической значимости отличий изучаемых данных по качественным признакам проведен посредством математического расчета и последующей оценки критерия χ^2 Пирсона. Количественные переменные были описаны после предварительной их оценки на соответствие закону Гаусса — Лапласа (тест Шапиро — Уилка). Так как все переменные соответствовали закону нормального распределения, то они представлены в виде $M \pm SD$. Достоверность различий количественных признаков по сравниваемым группам оценивалась с помощью t-критерия Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Среднее значение толщины роговицы у всех пациентов до операции составило $530,3 \pm 23,2$ мкм (505–586 мкм): у пациентов 1-й группы — $530,9 \pm 24,3$ мкм, у пациентов 2-й группы — $529,7 \pm 22,6$ мкм ($p=0,9704$). Исходно среднее значение уровня ВГД у пациентов 1-й группы составило $18,1 \pm 1,6$ мм рт. ст. (15–21 мм рт. ст.), у пациентов 2-й группы — $18,5 \pm 1,7$ мм рт. ст. (15–22 мм рт. ст.) ($p=0,3025$). С учетом отсутствия статистически значимых различий между средними значениями толщины роговицы, возраста и изначального уровня ВГД следует предположить, что сравниваемые группы были однородными.

На 1-е сутки после оперативного вмешательства у пациентов обеих групп значение толщины роговицы изменилось в сторону увеличения: у пациентов 1-й группы данный показатель составил $535,7 \pm 24,5$ мкм, а у пациентов 2-й группы — $534,6 \pm 22,7$ мкм ($p=0,9645$).

В 1-е сутки после оперативного лечения наиболее часто выявлялись слезотечение, боль и отек (см. таблицу). Выявленные различия по всем симптомам статистически незначимы.

Среднее значение уровня ВГД у пациентов 1-й группы в 1-е сутки после операции составило $19,5 \pm 1,6$ мм рт. ст. (15–23 мм рт. ст.), у пациентов 2-й группы — $20,1 \pm 2,5$ мм рт. ст. (16–23 мм рт. ст.) ($p=0,1970$).

На 7-й день после оперативного вмешательства значение толщины роговицы снизилось у пациентов обеих групп. Так, у пациентов 1-й группы данный показатель составил $532,5 \pm 23,9$ мкм, у пациентов 2-й группы — $530,9 \pm 22,5$ мкм ($p=0,8033$).

Таблица. Частота выявления оцениваемых симптомов и признаков у пациентов сравниваемых групп на 1-е сутки после операции, %

Table. Incidence of evaluated symptoms and signs in compared groups on the Day 1 after the surgery, %

Симптом и признак Symptom and sign	1-я группа Group 1 (n=30)	2-я группа Group 2 (n=30)
Светобоязнь / Photophobia	0	0
Слезотечение / Lacrimation	10	13
Ощущение инородного тела Foreign body sensation	0	0
Боль / Pain	10	13
Зуд / Itch	3	3
Гиперемия / Hyperemia	7	7
Отек / Edema	8	10
Фибрин / Fibrin	0	0
Синехии / Synechiae	0	0

При оценке общих симптомов у пациентов обеих групп на 7-е сутки после операции выявлены различия по таким симптомам, как ощущение инородного тела и боль. Ощущение инородного тела отметили 13% пациентов из 1-й группы и 10% из 2-й группы, а боль — 10% пациентов из обеих групп. Выявленные различия статистически незначимы. Остальные симптомы и признаки у участников исследования не выявлены.

Среднее значение уровня ВГД у пациентов 1-й группы составило $18,6 \pm 2,0$ мм рт. ст. (16–23 мм рт. ст.). Повышение ВГД на 1 мм рт. ст. у пациентов 1-й группы зафиксировано в 17% случаев, на 2 мм рт. ст. — в 7% случаев. У пациентов 2-й группы среднее значение уровня ВГД составило $20,1 \pm 2,5$ мм рт. ст. (14–24 мм рт. ст.). Установленные различия статистически значимы ($p=0,0001$) (см. рисунок). У пациентов 2-й группы увеличение ВГД на 1 мм рт. ст. выявлено в 23% случаев, на 2 мм рт. ст. — в 27% случаев,

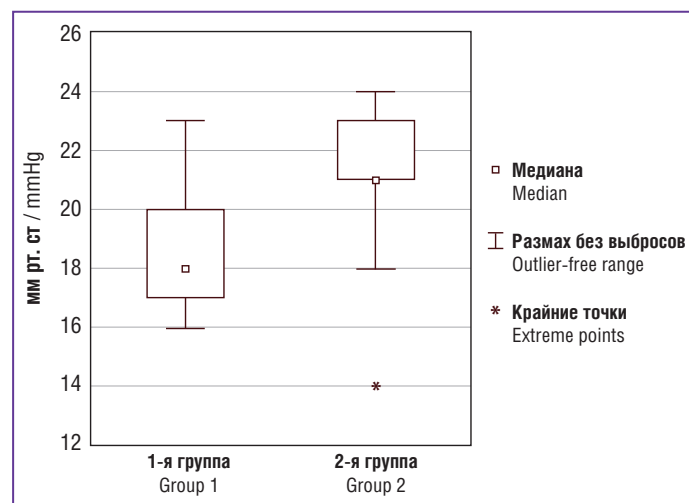


Рисунок. Средние значения ВГД у пациентов обеих групп на 7-е сутки после операции

Figure. Mean IOP levels in both groups on the Day 7 after the surgery

на 3 мм рт. ст. — в 17% случаев, в 1 случае ВГД повысилось на 4 мм рт. ст. и еще в 1 случае — на 5 мм рт. ст.

ОБСУЖДЕНИЕ

Увеличение толщины роговицы и ВГД, проявление различных симптомов и признаков у пациентов обеих групп в 1-е сутки после операции является ожидаемой реакцией на интраокулярное хирургическое вмешательство.

В свою очередь, уменьшение толщины роговицы у пациентов обеих групп на 7-е сутки после операции, а также отсутствие таких симптомов и признаков, как слезотечение, зуд, гиперемия и отек, говорит о том, что сравниваемые лекарственные препараты обладают сопоставимым эффективным противовоспалительным действием. Однако Н. Yamauchi et al. [7] на модели увеита у кроликов показали, что фторметолон обладал большей противовоспалительной активностью, чем дексаметазон.

У пациентов 1-й группы, использующих комбинацию фторметолон/тобрамицин, значение ВГД на 7-е сутки после операции оказалось статистически значимо ниже, чем у пациентов, использующих комбинацию дексаметазон/тобрамицин. В исследовании эффективности и безопасности фиксированной комбинации тобрамицин 3 мг + фторметолон 1 мг в качестве предоперационной подготовки и послеоперационного ведения пациентов с возрастной макулярной дегенерацией влажной формы после интравитреального введения ранибизумаба В.П. Фокин и соавт. [8] также показали, что данный препарат не приводит к повышению ВГД в раннем послеоперационном периоде.

Согласно данным другого исследования [9] использование фторметолон вызывает умеренное повышение ВГД, однако эта реакция проявляется значительно позже по сравнению с дексаметазоном. В частности, средний срок, за который ВГД увеличивается на 10 мм рт. ст. при применении фторметолон, составляет около 29,5 дня, тогда как для дексаметазона этот показатель равен 22,7 дня.

Результаты нашего исследования схожи с данными, приведенными в работе И.С. Малютиной и соавт. [1]. В исследовании представлены результаты сравнения эффективности диклофенака натрия 0,1% и дексаметазона 0,1% в качестве послеоперационной терапии пациентов после ФЭК. Так, у пациентов, которые получали инстилляцию капель с дексаметазоном 0,1%, на 7-й день после операции также отмечается статистически значимое повышение ВГД с $21,5 \pm 0,8$ до $23,9 \pm 0,8$ мм рт. ст. по сравнению с пациентами, которые получали инстилляцию капель с диклофенаком натрия 0,1% (с $21,1 \pm 0,6$ до $19,5 \pm 0,6$ мм рт. ст. соответственно). Динамика уровня ВГД при применении нестероидных противовоспалительных препаратов схожа с динамикой ВГД при применении фторметолон.

Стероидные препараты оказывают мощное противовоспалительное действие на различные структуры глаза, включая роговицу и ее эндотелий. Их действие объясняется несколькими механизмами: подавлением воспалительных медиаторов, что снижает отек, покраснение и боль; стабилизацией клеточных мембран, включая клетки эндотелия роговицы; угнетением миграции лейкоцитов; снижением васкулярной проницаемости. Однако важно учитывать, что длительное применение стероидов может иметь и побочные эффекты: повышение ВГД, задержку заживления тканей, повышенный риск инфекций из-за подавления иммунного ответа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комбинированная терапия фторметолоном и тобрамицином демонстрирует значительное противовоспалительное действие, что подтверждается снижением частоты развития провоспалительных симптомов и уменьшением толщины роговицы у пациентов в раннем послеоперационном периоде после ФЭК. Статистически значимые отличия средних значений уровня ВГД в группах сравнения указывают на то, что комбинированная лекарственная терапия фторметолоном и тобрамицином в меньшей степени способствует повышению ВГД по сравнению с терапией дексаметазоном и тобрамицином.

Применение стероидных препаратов должно быть строго контролируемым, с регулярным мониторингом состояния роговицы и ВГД. Решение о назначении таких препаратов всегда должно приниматься врачом с учетом индивидуальных особенностей пациента и потенциальных рисков.

Литература / References

1. Малютина И.С., Погорелова В.В., Ефимова И.А., Харченко Е.Г. Сравнительная оценка эффективности дексаметазона 0.1% и диклофенака натрия 0.1% для профилактики воспалительных осложнений после факэмульсификации катаракты. *РМЖ. Клиническая офтальмология*. 2009;10(2):73–75.
Malyutina I.S., Pogorelova V.V., Efimova I.A., Harchenko E.G. Comparative evaluation of 0.1% dexamethasone and 0.1% diclofenac sodium solutions efficacy in prophylaxis of inflammatory complications after phacoemulsification surgery. *RMJ. Clinical ophthalmology*. 2009;10(2):73–75 (in Russ.).
2. Майчук Д.Ю., Тарханова А.А. Преимущества «мягких стероидов» в лечении воспалительных заболеваний глаз. Обзор. *Офтальмология*. 2021;18(4):778–783. DOI: 10.18008/1816-5095-2021-4-778-783
Maychuk D.Yu., Tarkhanova A.A. Advantages of "Soft Steroids" in the Treatment of Inflammatory Eye Diseases. Overview. *Ophthalmology in Russia*. 2021;18(4):778–783 (in Russ.). DOI: 10.18008/1816-5095-2021-4-778-783
3. Николаенко В.П., Белов Д.Ф. Антибиотикопрофилактика острого послеоперационного эндофтальмита. *РМЖ. Клиническая офтальмология*. 2021;21(4):220–226. DOI: 10.32364/2311-7729-2021-21-4-220-226
Nikolaenko V.P., Belov D.F. Antibiotic prophylaxis of acute postoperative endophthalmitis. *RMJ. Clinical ophthalmology*. 2021;21(4):220–226 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2021-21-4-220-226
4. Кожухов А.А., Кумар В., Эскина Э.Н., Овечкин Н.И. Профилактика эндофтальмита после факэмульсификации катаракты (обзор). *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2022;18(4):681–684.
Kozhukhov A.A., Kumar V., Eskina E.N., Ovechkin N.I. Prevention of endophthalmitis after cataract phacoemulsification (review). *Saratov Journal of Medical Scientific Research*. 2022;18(4):681–684 (in Russ.).
5. Бикбов М.М., Усубов Э.Л., Казакбаева Г.М. и др. Оценка эффективности противовоспалительной терапии в раннем послеоперационном периоде хирургии катаракты. *Российский офтальмологический журнал*. 2024;17(1):20–27. DOI: 10.21516/2072-0076-2024-17-1-20-27
Bikbov M.M., Usubov E.L., Kazakbaeva G.M. et al. Evaluation of the effectiveness of anti-inflammatory therapy in the early postoperative period of cataract surgery. *Russian Ophthalmological Journal*. 2024;17(1):20–27 (in Russ.). DOI: 10.21516/2072-0076-2024-17-1-20-27
6. Erichsen J.H., Holm L.M., Forslund Jacobsen M. et al. Prednisolone and Ketorolac vs Ketorolac Monotherapy or Sub-Tenon Prophylaxis for Macular Thickening in Cataract Surgery: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Ophthalmol*. 2021;139(10):1062–1070. DOI: 10.1001/jamaophthalmol.2021.2976

7. Yamauchi H., Iso T., Iwata H. Ocular anti-inflammatory and systemic immunosuppressive effects of topically applied fluorometholone. *Japanese J Pharmacol.* 1979;29(1):87–92. DOI: 10.1254/jpp.29.87
8. Фокин В.П., Балалин С.В., Ушакова Л.И. Наблюдательное несравнительное одноцентровое исследование эффективности и безопасности фиксированной комбинации Тобрамицин 0.3% + Фторметолон 0.1% (глазные капли) в качестве предоперационной подготовки и послеоперационного ведения пациентов с ВМД влажной формы после ИВВ ранибизумаба. *Офтальмохирургия.* 2023;1:62–68. DOI: 10.25276/0235-4160-2023-1-62-68
- Fokin V.P., Balalin S.V., Ushakova L.I. Safety and efficacy of Tobramycin 0.3% + Fluormetholone 0.1% (eye drops) fixed combination as a preoperative preparation and postoperative management of patients with wet AMD after intravitreal injection of ranibizumab. An observational, noncomparative single-center study. *Fyodorov J Ophthalmic Surgery.* 2023;1:62–68 (in Russ.). DOI: 10.25276/0235-4160-2023-1-62-68
9. Morrison E., Archer D.B. Effect of fluorometholone (FML) on the intraocular pressure of corticosteroid responders. *British J Ophthalmol.* 1984;68(8):581–584. DOI: 10.1136/bjo.68.8.581

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Трубников Вячеслав Александрович — к.м.н., заместитель директора по инновационному развитию медицинских технологий Оренбургского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 460047, Россия, г. Оренбург, ул. Салмышская, д. 17; старший преподаватель кафедры медико-биологической техники Оренбургского государственного университета; 460018, Россия, г. Оренбург, пр-т Победы, д. 13; ORCID iD 0000-0002-9451-8622

Фирсов Александр Сергеевич — заведующий офтальмологическим отделением Оренбургского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 460047, Россия, г. Оренбург, ул. Салмышская, д. 17; ORCID iD 0000-0001-5523-7927

Ким Виталий Леонидович — заведующий офтальмологическим отделением Оренбургского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 460047, Россия, г. Оренбург, ул. Салмышская, д. 17; ORCID iD 0000-0001-6726-0104

Петросян Эмилия Аветиковна — научный сотрудник научно-образовательного отдела Оренбургского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 460047, Россия, г. Оренбург, ул. Салмышская, д. 17; ORCID iD 0000-0001-5526-436X

Кувайцева Юлия Сергеевна — врач-офтальмолог Оренбургского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 460047, Россия, г. Оренбург, ул. Салмышская, д. 17; ORCID iD 0000-0001-9544-1308

Контактная информация: Петросян Эмилия Аветиковна, e-mail: nauka@ofmntk.ru

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

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 05.12.2024.

Поступила после рецензирования 25.12.2024.

Принята в печать 22.01.2025.

ABOUT THE AUTHORS:

Vyacheslav A. Trubnikov — C. Sc. (Med.), Deputy Director for Innovative Development of Medical Technologies, Orenburg Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 17, Salmyskaya str., Orenburg, 460047, Russian Federation; Senior Lecturer, Department of Biomedical Engineering, Orenburg State University; 13, Pobedy Ave., Orenburg, 460018, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-9451-8622

Alexander S. Firsov — Head of the Ophthalmological Department, Orenburg Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 17, Salmyskaya str., Orenburg, 460047, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-5523-7927

Vitalii L. Kim — Head of the Ophthalmological Department, Orenburg Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 17, Salmyskaya str., Orenburg, 460047, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-6726-0104

Emiliya A. Petrosyan — Scientific Officer, Scientific and Educational Department, Orenburg Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 17, Salmyskaya str., Orenburg, 460047, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-5526-436X

Yulia S. Kuvaitseva — Ophthalmologist, Orenburg Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 17, Salmyskaya str., Orenburg, 460047, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-9544-1308

Contact information: Emiliya A. Petrosyan, e-mail: nauka@ofmntk.ru

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

There is no conflict of interest.

Received 05.12.2024.

Revised 25.12.2024.

Accepted 22.01.2025.

DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-4

Качество жизни пациентов с катарактой до и после имплантации интраокулярных линз с увеличенной глубиной фокуса

Н.А. Жедяле¹, В.А. Трубников^{2,3}, О.Я. Пикина⁴¹Клиника «Созвездие офтальмика», Нижний Новгород, Российская Федерация²Оренбургский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Оренбург, Российская Федерация³Оренбургский государственный университет, Оренбург, Российская Федерация⁴ФГБОУ ВО ОрГМУ Минздрава России, Оренбург, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: изучить качество жизни пациентов с имплантированными интраокулярными линзами (ИОЛ) с увеличенной глубиной фокуса (Extended Depth of Focus — EDOF).

Материал и методы: в исследовании приняли участие 29 пациентов с катарактой (средний возраст $58 \pm 3,1$ года), которым была выполнена билатеральная имплантация мультифокальной EDOF ИОЛ. Операции проводили методом микроинвазивной факэмульсификации через разрез 2 мм. Обследования, включающие визометрию, периметрию, тонометрию и осмотр глазного дна, проводили до операции, а также через 1, 3 и 6 мес. после вмешательства. Для оценки качества жизни использовали опросник Visual Function 14 (VF-14), содержащий 14 вопросов о зрительных функциях в повседневной жизни, с итоговым баллом от 0 до 100.

Результаты исследования: отмечено значительное улучшение зрительных функций и качества жизни пациентов после имплантации EDOF ИОЛ. До операции медианное значение максимальной скорректированной остроты зрения вдаль (МКОЗд) составляло 0,1, а интегральный показатель качества жизни — 66 баллов. Через 1 мес. после операции острота зрения вдаль увеличилась до 0,85, а интегральный показатель качества жизни достиг 86 баллов. Через 3 и 6 мес. этот показатель вырос до 90 и 92 баллов соответственно ($p=0,0000$). Наибольшее улучшение — при различении лиц (прирост 40 баллов), распознавании ступеней и бордюров (прирост 29 баллов), чтении крупного текста и цифр на телефоне (прирост 28 баллов). Умеренные улучшения отмечены при занятиях спортом, приготовлении пищи, вождении автомобиля и чтении дорожных знаков (прирост 18–23 балла). Наименьшие изменения зафиксированы при чтении мелкого шрифта (прирост 8 баллов) и заполнении бланков (прирост 9 баллов). При проведении корреляционного анализа была выявлена слабая корреляционная связь между качеством жизни и МКОЗд до и через 1 мес. после операции ($r=0,14$; $p>0,05$), а также умеренная корреляционная связь между качеством жизни и остротой зрения вблизи после операции ($r=0,44$; $p=0,0218$).

Заключение: имплантация EDOF ИОЛ продемонстрировала высокую эффективность в улучшении качества жизни пациентов, особенно при выполнении задач на средних и дальних расстояниях. Это способствует повышению социальной активности, независимости и уверенности пациентов. Ограничения в улучшении зрения при чтении мелкого шрифта требуют дополнительной коррекции, например, с помощью очков.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: качество жизни, катаракта, ИОЛ с увеличенной глубиной фокуса, EDOF.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Жедяле Н.А., Трубников В.А., Пикина О.Я. Качество жизни пациентов с катарактой до и после имплантации интраокулярных линз с увеличенной глубиной фокуса. Клиническая офтальмология. 2025;25(спецвыпуск):32–36. DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-4

Quality of life in cataract patients before and after implantation of intraocular lenses with extended depth of focus

N.A. Zhediale¹, V.A. Trubnikov^{2,3}, O.Ya. Pikina⁴¹Sozvezdie Oftal'mika Clinic, Nizhny Novgorod, Russian Federation²Orenburg Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Orenburg, Russian Federation³Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation⁴Orenburg State Medical University, Orenburg, Russian Federation

ABSTRACT

Aim: to study quality of life in patients with implanted intraocular lenses (IOL) with extended depth of focus.

Materials and Methods: 29 subjects with cataract (average age: 58 ± 3.1 years) who underwent bilateral implantation of a multifocal IOL with extended depth of focus were enrolled in the study. The surgical interventions were performed using microinvasive phacoemulsification through a 2 mm incision. Several examinations (including visometry, perimetry, tonometry and fundus examination) were carried out before the surgery, as well as in 1, 3 and 6 months after it. To assess quality of life, the VF-14 questionnaire containing 14 questions about visual functions in everyday life with a total score from 0 to 100 was used.

Results: the study results showed a significant improvement in visual function and quality of life in patients after EDOF IOL implantation. Before the surgery, a median best corrected distance visual acuity (BCVA_d) was 0.1, and the integral quality of life indicator was 66 scores. In a month after the surgery, distance visual acuity increased to 0.85, and the integral quality of life indicator reached 86 scores. In three and six months, the indicator increased to 90 and 92 scores, respectively ($p=0.0000$). The greatest improvement was reported in several indicators such as face recognition (an increase — 40 scores), recognition of stairs and curbs (an increase — 29 scores), and reading large print and numbers on a phone (an increase — 28 scores). Moderate improvement was noted in sports, cooking, driving, and reading road signs (an increase — 18–23 scores). The smallest changes were related to reading small print (an increase — 8 points) and form-filling (an increase — 9 scores). Correlation analysis revealed a weak relationship between quality of life and BCVA_d before the surgery and in 1 month after it ($r=0.14$; $p>0.05$), as well as a moderate relationship between quality of life and near visual acuity after the surgery ($r=0.44$; $p=0.0218$).

Conclusion: EDOF IOL implantation is an efficient method to improve the patients' quality of life (in particular, performance of activities at moderate and far distances). This helps to increase social activity, independence and confidence of patients. Limited visual acuity improvement when reading small print requires additional correction (e. g., glasses).

KEYWORDS: quality of life, cataract, IOL with extended depth of focus, EDOF.

FOR CITATION: Zhediale N.A., Trubnikov V.A., Pikina O.Ya. Quality of life in cataract patients before and after implantation of intraocular lenses with extended depth of focus. *Russian Journal of Clinical Ophthalmology*. 2025;25(Special Issue):32–36 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-4

ВВЕДЕНИЕ

Оценка качества жизни у пациентов до и после имплантации интраокулярных линз (ИОЛ) является важной и актуальной задачей современной медицины. Зрительные нарушения значительно снижают качество жизни пациентов, ограничивая их способность к выполнению профессиональных обязанностей, повседневную активность и социальную адаптацию. Современные технологии имплантации ИОЛ позволяют не только восстановить зрение, но и существенно улучшить общее состояние пациента, включая психологическое и эмоциональное благополучие [1–3].

В современном мире офтальмология активно развивается, предлагая новые технологии и подходы к восстановлению зрения. Одним из таких достижений является разработка и внедрение ИОЛ с увеличенной глубиной фокуса (Extended Depth of Focus — EDOF). Эти линзы, появившиеся в 2016 г., обладают рядом преимуществ по сравнению с мультифокальными ИОЛ, включая более естественное зрительное восприятие и снижение нежелательных оптических эффектов, таких как блики и ореолы [4].

Несмотря на значительный прогресс в изучении мультифокальных ИОЛ и их влияния на качество жизни пациентов [5–8], исследований, посвященных оценке качества жизни после имплантации мультифокальных EDOF ИОЛ, недостаточно. Это требует изучения эффективности данных линз и их влияния на субъективное восприятие пациентами своего состояния после операции. Полученные данные позволят не только объективно оценить преимущества новых технологий, но и оптимизировать выбор хирургической тактики для повышения удовлетворенности пациентов результатами лечения. Это особенно актуально в условиях растущего числа возрастных заболеваний глаз, таких как катаракта и пресбиопия, а также увеличения спроса на высокотехнологичные методы коррекции зрения.

Цель исследования: изучить качество жизни пациентов с имплантированными EDOF ИОЛ.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование проведено на базе двух медицинских организаций: Оренбургского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Мин-

здрава России и офтальмологической клиники «Созвездие офтальмика». В исследовании приняли участие 29 пациентов с катарактой, которым была выполнена билатеральная имплантация мультифокальной EDOF ИОЛ (Tecnis Symfony, Johnson & Johnson Vision, Santa Ana, CA, США). Средний возраст пациентов составил $58 \pm 3,1$ года. Пациенты, участвовавшие в исследовании, не имели выраженных сопутствующих патологий сетчатки и зрительного нерва. Целевой рефракцией у участников исследования являлась эметропия. Все операции выполнены по стандартной методике — микроинвазивная факэмульсификация одним хирургом через разрез 2 мм с применением факэмульсификатора Centurion (Alcon).

Всем участникам исследования до операции, через 1, 3 и 6 мес. после операции проводилось стандартное офтальмологическое обследование (визометрия вдаль/вблизи¹, периметрия, тонометрия, офтальмоскопия под мидриазом), а также интервьюирование для оценки качества жизни.

Интервьюирование проводили с помощью опросника Visual Function 14 (VF-14). VF-14 представляет собой анкету, включающую 14 вопросов для оценки удовлетворенности пациента своим зрением как вдаль, так и вблизи при выполнении таких повседневных задач, как: чтение мелкого шрифта (лекарства, продукты); чтение газет/книг; чтение крупного шрифта, цифр на телефоне; узнавание людей вблизи; различение ступеней, порогов, бордюров; чтение дорожных знаков, вывесок; мелкая ручная работа (шитье, вязание и т. д.); заполнение бланков/квитанций; настольные игры (лото, домино, карты); спорт с мячом, теннис, боулинг; приготовление еды; просмотр ТВ; вождение днем; вождение ночью. Ответы в анкете представлены пятью возможными вариантами степени затруднения: «проблем нет» — 4 балла, «немного» — 3 балла, «среднее» — 2 балла, «значительное» — 1 балл и «не могу делать» — 0 баллов. Итоговую оценку выполнения задач (интегральный показатель качества жизни) рассчитывали по формуле:

$$(4 \times [] + 3[] + 2 \times [] + 1 \times [])/([] + [] + [] + [] + []) \times 25.$$

В квадратных скобках указывался средний балл по каждому варианту ответа. Итоговый балл выражался в диапазоне от 0 до 100. Максимальная оценка (100 баллов)

¹ Визометрия вблизи пациентам до операции не проводилась.

свидетельствовала о полной способности выполнять все действия, а минимальная (0 баллов) означала невозможность их выполнения из-за проблем со зрением. По данной формуле также рассчитывали и значения интегральной оценки качества жизни по отдельным задачам.

Для статистической обработки данных использовали методы описательной статистики, включающие вычисление средних и относительных показателей (программный комплекс Statistica 10). Описание количественных переменных проводили после предварительной проверки их распределения на соответствие нормальному закону (Гаусса — Лапласа) с использованием теста Шапиро — Уилка. В случае если переменные соответствовали нормальному распределению, их представляли в формате среднего значения и стандартного отклонения ($M \pm SD$), если не соответствовали — использовали медиану, 1-й и 3-й квартили — Me [$Q1$; $Q3$]. Для оценки значимости различий количественных характеристик между группами применяли ранговый дисперсионный анализ Фридмана. Анализ корреляционной связи между количественными переменными выполняли с использованием коэффициента корреляции Спирмена по шкале Чеддока. Различия считали статистически значимыми при уровне значимости $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Максимальная корригированная острота зрения вдаль (МКОЗд) у пациентов до имплантации EDOF ИОЛ составила 0,1 [0,05; 0,3]. Значение интегрального показателя качества жизни до операции составило 66 [60; 75] баллов.

Через 1 мес. после имплантации EDOF ИОЛ показатель МКОЗд увеличился до 0,85 [0,4; 1]. Средний прирост МКОЗд в абсолютных единицах составил 0,59 [0,24; 0,88]. Максимальная корригированная острота зрения вблизи (МКОЗб) после имплантации EDOF ИОЛ достигла значения 0,7 [0,6; 0,9].

Интегральный показатель качества жизни пациентов через 1 мес. после операции вырос до значения 86 [77; 92] баллов (см. таблицу). Через 3 мес. значение анализируемого показателя составило 90 [82; 94] баллов, а через 6 мес. — 92 [80; 96] балла.

Анализ данных показал статистически значимое улучшение качества жизни участников исследования. Интегральный показатель качества жизни за 6 мес. наблюдения увеличился в среднем с 66 до 92 баллов ($p = 0,0000$).

Зафиксировано наибольшее улучшение следующих аспектов качества жизни: «способность узнавать людей с близкого расстояния» (прирост 40 баллов), «различение

Таблица. Результаты ответов участников исследования на вопросы, представленные в VF-14, баллы

Table. Subjects' answers to the questions of the VF-14, scores

Вопрос Question	До операции Before the surgery	Через 1 мес. после операции / In 1 month after the surgery	Абс. прирост Absolute increase
1. Чтение мелкого шрифта, такого как на этикетках лекарственных препаратов, на этикетках продовольственных товаров / Reading small print such as drug labels and food labels	61	69	8
2. Чтение газет или книг / Reading newspapers or books	53	71	18
3. Чтение крупного книжного или газетного шрифта, распознавание цифр на телефоне Reading large book or newspaper print, recognizing numbers on a phone	64	92	28
4. Узнавание людей с близкого расстояния / Recognizing people at near distance	58	98	40
5. Способность различать пороги, ступени лестниц, бордюры тротуаров Ability to distinguish thresholds, steps of stairs, curbs of sidewalks	65	95	29
6. Чтение дорожных знаков, уличных указателей или вывесок на магазинах Reading road signs, street signs, or store signs	80	98	18
7. Выполнение мелкой ручной работы наподобие шитья, вязания, вышивания, работ по дереву и др. Performing small manual work such as sewing, knitting, embroidery, woodwork, etc.	57	83	26
8. Заполнение бланков и квитанций / Filling out forms and receipts	59	68	9
9. Участие в настольных играх, таких как лото, домино, карты Participation in board games such as lotto, dominoes, cards	68	86	18
10. Занятия спортом, таким как игры с мячом, теннис, боулинг Taking part in sports such as ball games, tennis, bowling	75	97	22
11. Приготовление пищи / Cooking	68	90	22
12. Просмотр телевизора / Watching TV	79	96	17
13. Вождение автомобиля в светлое время суток / Driving a car during daylight hours	75	98	23
14. Вождение автомобиля в темное время суток / Driving a car during darkness hours	65	83	17

порогов, ступеней лестниц и бордюров» (прирост 29 баллов), а также «чтение крупного книжного или газетного шрифта и распознавание цифр на телефоне» (прирост 28 баллов).

Отмечено умеренное улучшение таких аспектов, как «занятия спортом» (прирост 22 балла), «приготовление пищи» (прирост 22 балла), «вождение автомобиля в светлое время суток» (прирост 23 балла) и «чтение дорожных знаков» (прирост 18 баллов).

Наименьшее улучшение качества жизни зафиксировано при выполнении задач, связанных с чтением мелкого шрифта (например, на этикетках лекарств или товаров): прирост составил лишь 8 баллов. Аналогично низкие результаты отмечены при заполнении бланков и квитанций (прирост 9 баллов).

В ходе корреляционного анализа установлена слабая прямая корреляционная связь между значением интегрального показателя качества жизни и МКОЗд до операции и через 1 мес. после хирургического вмешательства. В обоих расчетах $r=0,14$ при $p>0,05$. Также был проведен корреляционный анализ между значением интегрального показателя качества жизни пациентов и остроты зрения вблизи после операции, в ходе которого установлена прямая умеренная статистически значимая корреляционная связь ($r=0,44$; $p=0,0218$).

Обсуждение

Результаты исследования продемонстрировали значительное улучшение качества жизни пациентов после имплантации EDOF ИОЛ. Наибольшие изменения были связаны с выполнением повседневных задач на близком и среднем расстоянии. Так, пациенты отметили значительное улучшение способности узнавать лица с близкого расстояния, различать ступени лестниц и бордюры, а также читать крупный книжный или газетный шрифт. Эти показатели являются ключевыми для обеспечения социальной активности и независимости в повседневной жизни.

Умеренные улучшения были связаны с вождением автомобиля в светлое время суток, чтением дорожных знаков, приготовлением пищи и занятиями спортом. Эти данные свидетельствуют о повышении зрительного комфорта и уверенности пациентов при выполнении задач, требующих хорошей фокусировки на среднем и дальнем расстоянии. Важно отметить, что такие изменения могут существенно повысить мобильность и качество жизни пациентов, особенно в условиях городской среды.

Однако следует обратить внимание на ограниченное улучшение зрения при выполнении задач, связанных с чтением мелкого шрифта, например на этикетках лекарств или при заполнении квитанций. Несмотря на общий прирост баллов в этих категориях, он оказался минимальным по сравнению с другими аспектами. Это может быть связано с технологическими особенностями EDOF ИОЛ, которые обеспечивают высокую четкость зрения на средних дистанциях, но могут уступать традиционным мультифокальным линзам при работе на очень близком расстоянии. Для решения подобных задач пациентам может потребоваться дополнительная коррекция с использованием очков.

В ходе корреляционного анализа было показано статистически значимое влияние улучшения остроты зрения вблизи после операции на качество жизни пациентов. В то же время корреляционная связь между качеством жизни

и МКОЗд до и через 1 мес. после операции была слабой. В силу технических причин у пациентов не определялась острота зрения на средних расстояниях, которая, по всей вероятности, также будет иметь более высокую корреляционную связь со значением интегрального показателя качества жизни. Данные исследования будут проведены в дальнейшем.

Заключение

Таким образом, имплантация EDOF ИОЛ продемонстрировала высокую эффективность в улучшении качества жизни пациентов, особенно при выполнении задач на средних и дальних расстояниях. Это способствует повышению социальной активности, независимости и уверенности пациентов. Ограничения в улучшении зрения при чтении мелкого шрифта требуют дополнительной коррекции, например, с помощью очков.

Литература / References

- Евсина О.В. Качество жизни в медицине — важный показатель состояния здоровья пациента (обзор литературы). *Личность в меняющемся мире: здоровье, адаптация, развитие*. 2013;1(1):119–133. Evsina O.V. The quality of life in medicine — an important indicator of patient health status. *Lichnost' v menyayushchetsya mire: zdorov'e, adaptatsiya, razvitie*. 2013;1(1):119–133 (in Russ.).
- Новик А.А., Матвеев С.А., Ионова Т.И. и др. Оценка качества жизни больного в медицине. *Клиническая медицина*. 2000;78(2):10–13. Novik A.A., Matveev S.A., Ionova T.I. et al. Assessing the quality of life of a patient in medicine. *Klinicheskaya meditsina*. 2000;78(2):10–13 (in Russ.).
- Гуревич К.Г., Рыбакова Е.Г., Черепяхина М.А. Методы измерения качества жизни в офтальмологии. *Системный анализ и управление в биомедицинских системах*. 2010;9(4):837–842. Gurevich K.G., Rybakova E.G., Cherepakina M.A. Methods for measuring quality of life in ophthalmology. *System analysis and management in biomedical systems*. 2010;9(4):837–842 (in Russ.).
- Choi M., Im C.Y., Lee J.K. et al. Visual Outcomes after Bilateral Implantation of an Extended Depth of Focus Intraocular Lens: A Multicenter Study. *Korean J Ophthalmol*. 2020;34(6):439–445. DOI: 10.3341/kjo.2020.0042
- Клюшников Е.В., Хурцилава О.Г., Латария Э.Л., Даутова З.А. Качество жизни пациентов после факэмульсификации катаракты с имплантацией трифокальной интраокулярной линзы. *Вестник офтальмологии*. 2020;136(6-2):195–201. DOI: 10.17116/oftalma2020136062195 Klyushnikova E.V., Hurtzilava O.G., Latariya E.L., Dautova Z.A. Quality of life of patients after phacoemulsification with implantation of trifocal intraocular lens. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2020;136(6):195–201 (in Russ.). DOI: 10.17116/oftalma2020136062195
- Малюгин Б.Э., Соболев Н.П., Фомина О.В. Анализ функциональных результатов имплантации новой модели трифокальной интраокулярной линзы. *Офтальмохирургия*. 2017;(4):6–14. DOI: 10.25276/0235-4160-2017-4-6-14
- Malyugin B.E., Sobolev N.P., Fomina O.V. Visual assessment performance after implantation of a new trifocal intraocular lens. *Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery*. 2017;(4):6–14 (in Russ.). DOI: 10.25276/0235-4160-2017-4-6-14
- Chang D.H. Visual acuity and patient satisfaction at varied distances and lighting conditions after implantation of an aspheric diffractive multifocal one-piece intraocular lens. *Clin Ophthalmol*. 2016;10:1471–1477. DOI: 10.2147/oph.s108298

8. Kretz F.T.A., Choi C.Y., Müller M. et al. Visual outcomes, patient satisfaction and spectacle independence with a trifocal diffractive intraocular lens. *Korean J Ophthalmol.* 2016;30:180–191. DOI: 10.3341/kjo.2016.30.3.180

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Жедяле Наталья Александровна — заместитель главного врача клиники «Созвездие офтальмика»; 603123, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Старых Производственников, д. 18; ORCID iD 0000-0002-4012-1056

Трубников Вячеслав Александрович — к.м.н., заместитель директора по инновационному развитию медицинских технологий Оренбургского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 460047, Россия, г. Оренбург, ул. Салмышская, д. 17; старший преподаватель кафедры медико-биологической техники Оренбургского государственного университета; 460018, Россия, г. Оренбург, пр-т Победы, д. 13; ORCID iD 0000-0002-9451-8622

Пикина Ольга Ярославна — студентка 5-го курса ФГБОУ ВО ОрГМУ Минздрава России; 460014, Россия, г. Оренбург, ул. Советская, д. 6; ORCID iD 0009-0007-8015-4171

Контактная информация: Трубников Вячеслав Александрович, e-mail: nauka@ofmntk.ru

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

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 10.12.2024.

Поступила после рецензирования 13.01.2025.

Принята в печать 03.02.2025.

ABOUT THE AUTHORS:

Nataliya A. Zhediale — Deputy Chief Physician of the *Sozvezdie Oftal'mika Clinic*; 18, Staryh Proizvodstvennikov str., Nizhny Novgorod, 603123, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-4012-1056

Vyacheslav A. Trubnikov — C. Sc. (Med.), Deputy Director for Innovative Development of Medical Technologies, Orenburg Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 17, Salmyshskaya str., Orenburg, 460047, Russian Federation; Senior Lecturer, Department of Biomedical Engineering, Orenburg State University; 13, Pobedy Av., Orenburg, 460018, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-9451-8622

Ol'ga Ya. Pikina — 5th year student of Orenburg State Medical University; 6, Sovetskaya str., Orenburg, 460014, Russian Federation; ORCID iD 0009-0007-8015-4171

Contact information: Vyacheslav A. Trubnikov, e-mail: nauka@ofmntk.ru

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

There is no conflict of interest.

Received 10.12.2024.

Revised 13.01.2025.

Accepted 03.02.2025.

DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-5

Многолетний опыт хирургического удаления иридоцилиарных опухолей с последующей имплантацией иридохрусталиковых диафрагм

А.А. Яровой, Н.П. Соболев, А.В. Шацких, А.Д. Матяева

ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Москва, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Введение: хирургическое удаление иридоцилиарных опухолей — приоритетный метод органосохраняющего лечения внутриглазных новообразований передней локализации, применение которого может сопровождаться такими негативными последствиями, как нарушение диафрагмальной функции радужки и помутнение хрусталика, с последующим снижением остроты зрения, развитием оптических aberrаций и светобоязни. Наиболее актуальный метод борьбы с данными состояниями — имплантация иридохрусталиковой диафрагмы с целью улучшения функционального результата, косметического эффекта и социальной адаптации пациентов.

Цель исследования: определить результаты влияния блокэксцизий иридоцилиарных опухолей с последующей отсроченной имплантацией иридохрусталиковых диафрагм на риск рецидива злокачественной опухоли, остроту и качество зрения.

Материал и методы: в ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России с 2004 по 2024 г. у 26 пациентов выполнены блокэксцизии различного объема с последующей оптико-реконструктивной хирургической реабилитацией путем имплантации искусственной радужки либо иридохрусталиковой диафрагмы.

Результаты исследования: в результате блокэксцизии значительно снизилась максимально скорректированная острота зрения, у всех пациентов возникли светобоязнь и оптические aberrации. После фактоэмульсификации с имплантацией иридохрусталиковой диафрагмы у 22 (85%) пациентов острота зрения повысилась, у 3 (11%) пациентов — снизилась, у 1 (4%) — осталась неизменной, светобоязнь и оптические aberrации исчезли. Из осложнений отмечены: макулярный отек у 3 (11%) пациентов, вторичная глаукома у 2 (8%), острый иридоциклит у 2 (8%), острый эндофтальмит у 1 (4%), дислокация иридохрусталиковой диафрагмы в витреальную полость у 1 (4%). За весь период наблюдения (от 13 до 243 мес.) лишь в 1 случае наблюдался рецидив меланомы. Ни в одном случае отдаленные очаги метастазирования не были диагностированы.

Заключение: блокэксцизия при новообразованиях иридоцилиарной зоны приводит к снижению качества зрения и жизни в связи с послеоперационными коллобомами радужной оболочки. Оптико-реконструктивное хирургическое восстановление структур глаза позволяет повысить зрительные функции без увеличения риска рецидивирования опухоли.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: иридоцилиарные опухоли, блокэксцизия, иридохрусталиковая диафрагма, хирургическое удаление.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Яровой А.А., Соболев Н.П., Шацких А.В., Матяева А.Д. Многолетний опыт хирургического удаления иридоцилиарных опухолей с последующей имплантацией иридохрусталиковых диафрагм. Клиническая офтальмология. 2025;25(специальный выпуск):37–42. DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-5

Long-term experience of surgical removal of iridociliary tumors followed by iridolenticular diaphragm implantation

A.A. Yarovoy, N.P. Sobolev, A.V. Shatskikh, A.D. Matyayeva

S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Background: surgical removal of iridociliary tumors is a top-priority method of organ-preserving treatment of anterior intraocular neoplasms. The technique may lead to negative consequences such as impaired diaphragmatic iris function and lens opacity followed by vision impairment, optical aberrations and photophobia. Iridolenticular diaphragm implantation that improves a functional result, cosmetic effect and patients' social adaptation, is the most relevant method to manage abovementioned conditions.

Aim: to determine an effect of block excision of iridociliary tumors followed by delayed implantation of iridolenticular diaphragm on a risk for recurrence of a malignant neoplasm, visual acuity and quality.

Materials and Methods: from 2004 to 2024, 26 patients underwent block excision of various volume followed by optical reconstructive surgical rehabilitation by implantation of artificial iris or iridolenticular diaphragm in the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution.

Results: block excision resulted in significantly decreased best corrected visual acuity. Along with this, photophobia and optical aberrations were reported in all patients. After phacoemulsification with implantation of iridolenticular diaphragm, visual acuity increased in 22 (85%) patients, and it decreased in 3 (11%) patients. The parameter remained unchanged in 1 (4%) patient. Photophobia and optical aberrations resolved. Several complications such as macular edema (n=3; 11%), secondary glaucoma (n=2; 8%), acute iridocyclitis (n=2; 8%), acute endophthalmitis (n=1; 4%), and dislocation of iridolenticular diaphragm into the vitreal cavity (n=1; 4%) were reported. During the entire follow-up (13 — 243 months), a recurrent melanoma was detected in 1 case only. No distant metastases were reported.

Conclusion: block excision of iridociliary neoplasms leads to a decreased quality of vision and life due to postoperative iris colobomas. Optical reconstructive surgery of ocular structures can improve visual functions without an increased risk of tumor recurrence.

KEYWORDS: iridociliary tumors, block excision, iridolenticular diaphragm, surgical removal.

FOR CITATION: Yarovoy A.A., Sobolev N.P., Shatskikh A.V., Matyaeva A.D. Long-term experience of surgical removal of iridociliary tumors followed by iridolenticular diaphragm implantation. *Russian Journal of Clinical Ophthalmology*. 2025;25(Special Issue):37–42 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-5

ВВЕДЕНИЕ

Внутриглазные опухоли — редкое заболевание. Наиболее часто встречаются новообразования хориоидеи, а опухоли иридоцилиарной зоны (ИЦЗ) наименее распространены, но они могут не только привести к потере зрения, но и поставить под угрозу жизнь. Среди новообразований ИЦЗ встречаются различные как доброкачественные, так и злокачественные опухоли. Как правило, хирургическому удалению подлежат злокачественные новообразования радужки и цилиарного тела. Доброкачественные опухоли резецируют в тех случаях, когда они достигают большого размера, вызывают вторичные изменения, затрудняющие гидродинамику внутриглазной жидкости либо их невозможно дифференцировать со злокачественными [1].

На сегодняшний день офтальмологи располагают широким диапазоном органосохраняющих методов лечения опухолей ИЦЗ. Лучевая терапия представлена брахитерапией с изотопами ^{90}Sr , ^{106}Ru , ^{125}I , протонотерапией, стереотаксической радиохирургией (кибернож) [2–4]. Применение перечисленных методов зачастую сопровождается такими постлучевыми осложнениями, как кератопатия, увеит, вторичное повышение внутриглазного давления, катаракта, неоваскулярная глаукома [5, 6]. Именно поэтому блокэксцизия (удаление опухоли вместе с прилежащим ободком здоровых тканей единым блоком) остается приоритетным методом органосохраняющего лечения новообразований передней локализации [7, 8]. В зависимости от особенностей расположения опухоли и объема удаляемых тканей применяют различные модификации блокэксцизии: иридэктомию, иридоциклэктомию, иридоциклосклерэктомию или иридоциклохориосклерэктомию [7–10].

Хирургическое иссечение опухоли приводит к негативным последствиям: нарушению диафрагмальной функции радужки и помутнению хрусталика, которые провоцируют снижение остроты зрения, оптические аберрации, выраженные жалобы на светобоязнь и снижают ожидаемый функциональный результат [8, 9, 11, 12].

Проблема улучшения качества зрения и качества жизни пациентов, перенесших блокэксцизию, остается сложной задачей и остро стоит перед хирургами. Реконструктивные хирургические вмешательства — направление микрохирургических технологий, применяемых для купирования последствий блокэксцизий и улучшения зрительных функций. Пионером этого направления в России был Л.Ф. Линник, который предлагал для закрытия коллобом радужки большого размера имплантацию интраокулярной линзы (ИОЛ) с окрашенной под цвет радужной оболочки гаптической частью, дубликатуру капсулы хрусталика или интракорнеальную непрозрачную мембрану (аутосклера, гомосклера) [13, 14].

Наиболее актуальный на сегодняшний день метод реконструктивной хирургии — имплантация иридохрусталиковой диафрагмы (ИХД) с целью улучшения функционального результата, косметического эффекта и социальной адаптации пациентов.

Цель исследования: определить результаты влияния блокэксцизий иридоцилиарных опухолей с последующей отсроченной имплантацией ИХД на риск рецидива злокачественной опухоли, остроту и качество зрения.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России за период с 2004 по 2024 г. 26 пациентам выполнено хирургическое удаление опухолей ИЦЗ с последующей отсроченной оптико-реконструктивной хирургической реабилитацией с имплантацией искусственной радужки (ИР) либо ИХД.

Среди пациентов было 16 (61%) женщин. Средний возраст пациентов составил 49 лет (от 14 до 80 лет). В патологический процесс в равной степени были вовлечены правые и левые глаза (13 (50%) и 13 (50%) соответственно).

Максимально скорректированная острота зрения (МКОЗ) до вмешательства по поводу удаления опухоли варьировала от 0,001 до 1,2 (см. таблицу). Крайне низкие зрительные функции (МКОЗ <0,01) наблюдались на 2 (8%) глазах, низкие (МКОЗ <0,05) — на 2 (8%), удовлетворительные (МКОЗ 0,2–0,5) — на 5 (19%), высокие (МКОЗ >0,5) — на 17 (65%) глазах.

Роговичный астигматизм в предоперационном периоде составил в среднем -1,4 дптр (от -0,5 до -3 дптр). Средний показатель внутриглазного давления (ВГД) — 19 мм рт. ст. (11–31 мм рт. ст.), ВГД >21 мм рт. ст. наблюдали в 8 (32%) случаях. Высокие показатели ВГД были связаны с частичным закрытием угла передней камеры (УПК) опухолевой тканью. Значение плотности эндотелиальных клеток (ПЭК) у всех пациентов не выходило за границы нормы, составляя в среднем 2429 кл/мм² (2010–2880 кл/мм²).

Средняя толщина новообразований, по данным ультразвуковой биомикроскопии (УБМ), составила 3,3 мм (0,47–9,7 мм), средняя протяженность — 6,0 мм (1,7–12,4 мм), причем наиболее часто (у 18 (69%) пациентов) очаг был локализован в нижнелатеральном либо

Таблица. Распределение пациентов по МКОЗ в процессе лечения, n (%)

Table. Distribution of patients according to BCVA during treatment, n (%)

МКОЗ BCVA	До блокэксцизии / Before the block excision	После блокэксцизии / After the block excision	После реконструкции / After the reconstruction
<0,01	2 (8)	8 (31)	2 (8)
<0,05	2 (8)	6 (23)	4 (15)
0,06–0,1	–	1 (4)	1 (4)
0,2–0,5	5 (19)	10 (38)	10 (38)
>0,5	17 (65)	1 (4)	9 (35)

в нижневнутреннем секторе. У 19 (73%) пациентов опухоль распространялась одновременно на две структуры сосудистой оболочки — радужку и цилиарное тело, реже мы наблюдали крупные иридоцилиохориоидальные очаги ($n=6$ (23%)), и лишь в 1 (4%) случае опухоль локализовалась исключительно на радужке.

В зависимости от расположения опухолевого очага выполнен соответствующий объем блокэксцизии: в 19 (73%) случаев — иридоциклэктомия, в 6 (23%) — иридоциклохориосклерэктомия, в 1 (4%) — секторальная иридэктомия.

Всем пациентам в срок от 1 до 111 мес. (в среднем 26,3 мес.) после блокэксцизии проведено реконструктивное хирургическое вмешательство в объеме факоэмульсификации катаракты с последующей имплантацией в капсульный мешок ИОЛ Acrysof IQ Natural (Alcon, США) и ИР модели F0 или H0 производства ООО «Репер-НН» (Нижний Новгород, Россия) (19 (73%)), либо ИР, изготовленной ООО «НЭП МГ» (Москва, Россия) (3 (12%)). Вследствие невозможности имплантации ИОЛ и ИР без оптической части (слабость или несостоятельность цинновых связок и/или капсулы хрусталика, необходимость подшивания ИХД к склере) 4 (15%) пациентам имплантирована ИХД (ООО «Репер-НН», Нижний Новгород, Россия).

Цвет и фактуру ИХД или ИР подбирали по подобию здорового глаза при помощи каталогов для достижения наибольшего косметического эффекта.

Оптическую силу ИОЛ рассчитывали при помощи оптических биометров IOL Master 700 (Carl Zeiss Meditec, Германия) и VERION (Alcon Laboratories Inc., США).

Проведен статистический анализ клинических особенностей и исходов. Для статистической обработки данных использовали программное обеспечение MedCalc19.5.3. и Office Excel 2019 (Microsoft, США). Для оценки значимости статистических различий между количественными показателями в зависимых выборках использовали непар-

аметрический критерий Уилкоксона (с учетом отсутствия нормального распределения). Различия показателей считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Полученная в результате блокэксцизии резецированная ткань была направлена на гистологическое исследование, по данным которого в 23 (88%) случаях диагностирована меланома (у 19 (86%) пациентов веретеноклеточная, у 2 (7%) — эпителиоидноклеточная, у 2 (7%) — эпителиоидно-веретеноклеточная), в 1 (4%) случае — киста радужки, в 1 (4%) случае — аденома пигментного эпителия цилиарного тела и еще в 1 (4%) случае — аденокарцинома беспигментного эпителия цилиарного тела. Во всех случаях по результатам гистологического исследования края резекции удаленного блока тканей были свободны от опухоли.

В послеоперационном периоде (срок наблюдения от 1 до 111 мес.) МКОЗ значительно снизилась (табл. 1). Роговичный астигматизм составил в среднем $-3,0$ дптр (от $-0,75$ до $-5,25$ дптр). Среднее значение ВГД снизилось и составило 17 мм рт. ст. ($8-25$ мм рт. ст.).

Для контроля местного рецидивирования всем пациентам выполняли УБМ, по данным которой ни в одном случае признаков продолженного опухолевого роста выявлено не было.

После блокэксцизии все пациенты предъявляли жалобы на светобоязнь и оптические аберрации, возникшие вследствие колобомы радужки. Размеры дефекта радужной оболочки варьировали от 16 до 50% от всей ее площади. Кроме того, помутнение хрусталика разной степени было отмечено у всех пациентов, в связи с чем потребовалось проведение хирургического оптико-реконструктивного вмешательства (рис. 1).

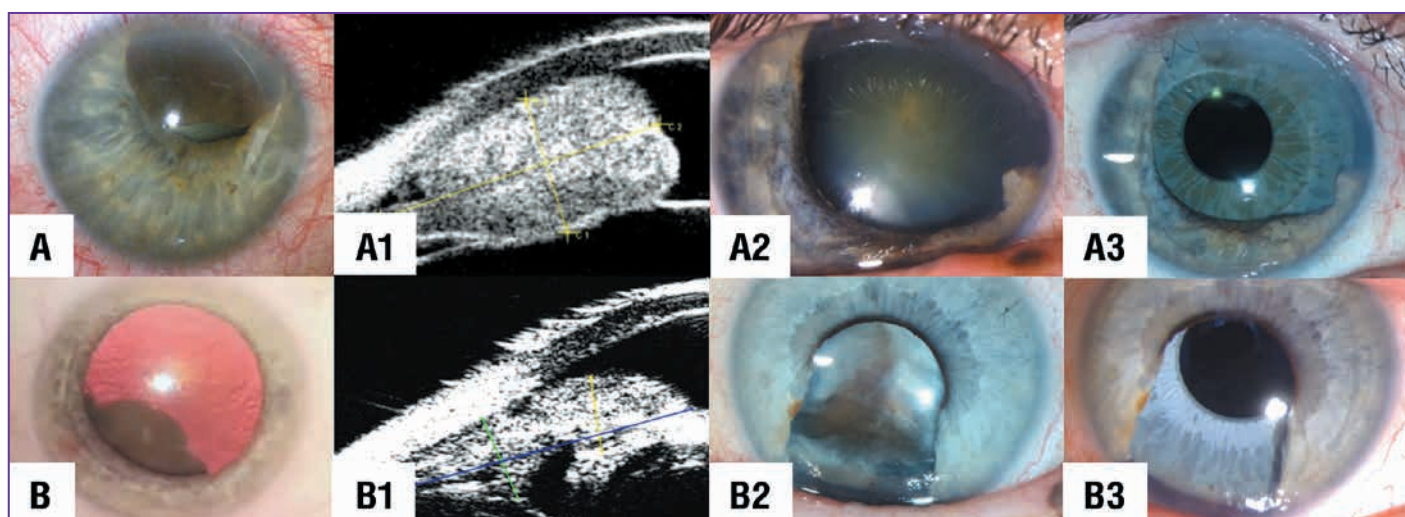


Рис. 1. Состояние глаз пациентов на различных этапах лечения.

A — пациент З., 61 год, меланома иридоцилиохориоидальной локализации, МКОЗ 0,3; A1 — визуализация опухоли по данным УБМ; A2 — состояние после иридоциклэктомии, МКОЗ 0,3; A3 — состояние после удаления катаракты с последующей имплантацией ИХД, МКОЗ 0,5; B — пациент Н., 65 лет, меланома иридоцилиарной локализации, МКОЗ 0,02; B1 — визуализация опухоли по данным УБМ; B2 — состояние после иридоциклэктомии, МКОЗ 0,005; B3 — состояние после имплантации ИХД, МКОЗ 0,4

Fig. 1. Eye state at various treatment stages.

A — patient Z., 61 years old, iridociliochorioid melanoma, BCVA 0.3; A1 — the tumor imaging according to ultrasound biomicroscopy (UBM) data; A2 — post-iridocyclotomy eye state, BCVA 0.3; A3 — eye state after cataract removal with subsequent iridolenticular diaphragm (ILD) implantation, BCVA 0.5; B — patient N., 65 years old, iridociliary melanoma, BCVA 0.02; B1 — the tumor imaging according to UBM data; B2 — post-iridocyclotomy eye state, BCVA 0.005; B3 — eye state after ILD implantation, BCVA 0.4

В результате реконструкции у 22 (85%) пациентов острота зрения повысилась, у 1 (4%) осталась неизменной, у 3 (11%) — снизилась в связи с развитием эндотелиально-эпителиальной дистрофии (ЭЭД) роговицы в сочетании с иридоциклитом у 1 пациента и ЭЭД роговицы — у 2 пациентов. После имплантации ИХД МКОЗ достоверно повысилась по сравнению со значениями после блокэксцизии ($p=0,0002$) (см. табл. 1), однако данный показатель снизился относительно исходной остроты зрения ($p=0,01$).

Показатели роговичного астигматизма в результате лечения остались на том же уровне, что и до реконструкции (от $-0,75$ до $-5,25$ дптр).

Среднее ВГД осталось сопоставимым с предоперационными значениями — 16 мм рт. ст. (9–31 мм рт. ст.). Гипертензию мы наблюдали у 2 пациентов: в одном случае она была связана с частичным закрытием дренажной системы глаза краем ИХД, в другом — с отложением пигмента в УПК. Значение ПЭК после двух этапов хирургических вмешательств снизилось, среднее число составило 1906 кл/мм² (539–2660 кл/мм²).

После проведения оптико-реконструктивных вмешательств жалобы на светобоязнь и оптические аберрации, предъявляемые пациентами в предоперационном периоде, не отмечались.

В нашем исследовании были выявлены следующие послеоперационные осложнения: ЭЭД роговицы — у 4 (15%) пациентов, макулярный отек — у 3 (11%), острый иридоциклит — у 2 (8%), вторичная глаукома — у 1 (4%), острый эндофтальмит — у 1 (4%), дислокация ИХД в витреальную полость — у 1 (4%), эпиретинальный фиброз с тракцией — у 1 (4%). Всем пациентам успешно проведено лечение осложнений.

В 1 случае диагностирован рецидив меланомы по краю колобомы радужки, несмотря на то, что по результатам гистологического исследования опухоль удалена в пределах здоровых тканей. Пациенту выполнена энуклеация глаза.

Во всех случаях отмечена высокая удовлетворенность пациентов косметическим результатом реконструктивного лечения (рис. 2).

За весь период наблюдения (от 13 до 243 мес.) ни в одном случае не было диагностировано отдаленных очагов метастазирования.

Обсуждение

Хирургическое удаление — основной метод лечения опухолей ИЦЗ. Закономерный исход резекции — колобома радужки и, зачастую, помутнение хрусталика, что негативно сказывается на зрительных функциях [12, 15]. У всех пациентов, включенных в наше исследование, в послеоперационном периоде наблюдалось помутнение хрусталика разной степени. Также мы отметили наличие жалоб на светобоязнь, снижение зрения, искажение изображения, косметический дефект.

Для предупреждения подобных последствий выполнение одномоментной иридопластики не всегда возможно [16, 17]. Метод может быть применен лишь на колобомах небольшой протяженности — не более 25% окружности радужки [12, 18]. У некоторых пациентов в нашем исследовании размеры колобомы были меньше этого параметра, однако в связи со значимой ригидностью тканей проведение иридопластики было затруднено и потребовало имплантации ИХД.

Современной, наиболее функционально и анатомически оправданной технологией оптико-реконструктивной хирургии при дефектах радужной оболочки является имплантация ИР или ИХД. Тем не менее исследования, посвященные этому вмешательству после резекции опухоли ИЦЗ, немногочисленны [11, 19–23].

Вопрос об оптимальных сроках проведения оптико-реконструктивных вмешательств остается открытым. Существует мнение о допустимости повторных вмешательств не ранее 1 года после удаления опухоли [19], однако оно не подкреплено сравнительным анализом и статистическими данными. В нашем исследовании реконструктивное хирургическое вмешательство было выполнено у 17 (65%) пациентов в срок от 1 года и более после блокэксцизии, в срок от 6 мес. до 1 года — у 6 (23%) пациентов, в срок до 6 мес. — у 3 (12%). Ранние оптико-реконструктивные

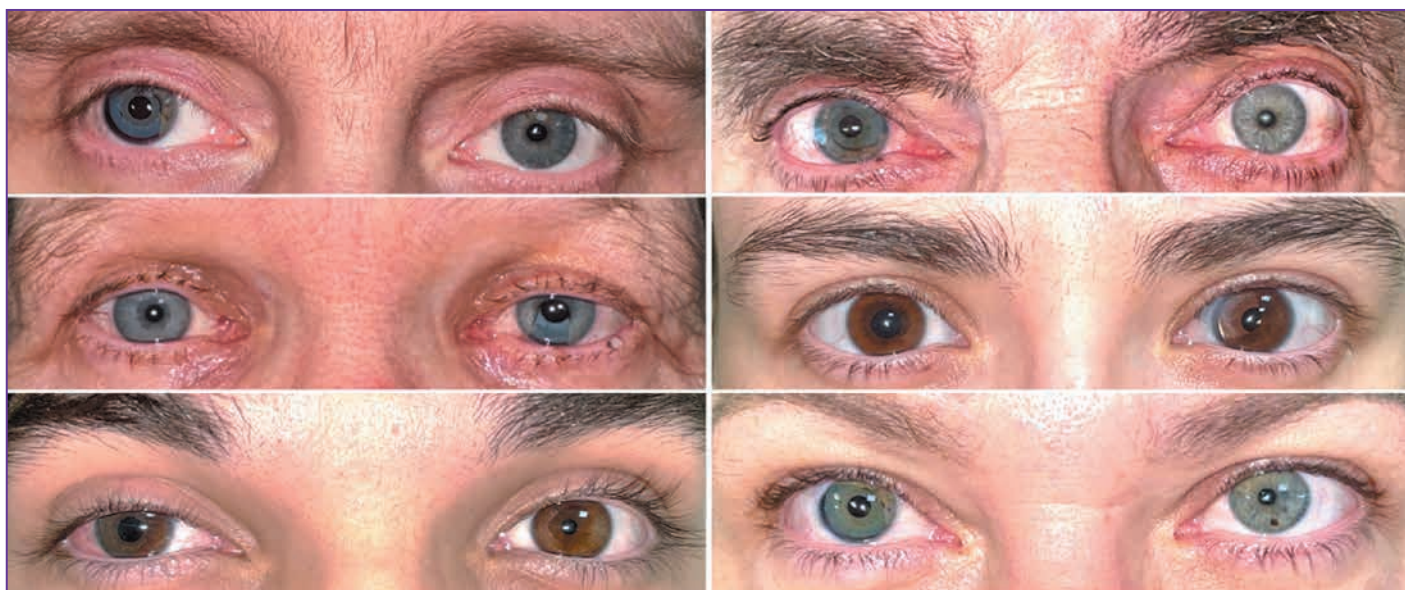


Рис. 2. Внешний вид пациентов после удаления иридоцилиарных опухолей с последующей имплантацией ИХД

Fig. 2. Appearance of patients after removal of iridociliary tumors followed by ILD

операции выполнены ввиду значительного помутнения, набухания хрусталика, выраженных жалоб пациентов на зрительный дискомфорт и оптические иллюзии. Негативных последствий раннего выполнения подобных вмешательств, в том числе провокации рецидива опухоли, выявлено не было. По данным A.Z. Crawford et al. [11], в ретроспективном анализе 19 клинических случаев средний интервал между иссечением опухоли радужной оболочки глаза и имплантацией ИР составил 9,7 мес. (от 5 до 24 мес.). В исследование M.E. Snyder et al. [23] вошли 16 пациентов, которым проведена имплантация ИР в сроке от 6 мес. до 22 лет после блокэксцизии, что также не сказалось на уровне рецидивирования и метастазирования опухоли.

Одна из основных целей реконструктивного этапа лечения — повышение остроты зрения и, как следствие, качества жизни пациента. В нашем исследовании у 22 (85%) пациентов МКОЗ повысилась, у 3 (11%) — снизилась, у 1 (4%) — осталась неизменной. В довольно крупном исследовании K. Nissen et al. [22] (n=45) также описано улучшение МКОЗ в большинстве случаев (у 24 (53%) пациентов), неизменной МКОЗ осталась в 16 (36%) случаях, у 5 (11%) — снизилась. M.E. Snyder et al. [23] в своей работе отметили улучшение остроты зрения у 13 (81,25%) пациентов, неизменную остроту зрения у 2 (12,25%) пациентов, а снижение — у 1 (6,25%) пациента. Т.А. Андреева и соавт. [19] описывают 5 случаев реконструктивных хирургических вмешательств с имплантацией ИХД после блокэксцизии. Средняя МКОЗ пациентов после реконструктивного вмешательства возросла с 0,03 до 0,4. S.E. Burk et al. [20] в публикации о протезировании радужки у 2 пациентов, которым было выполнено реконструктивное хирургическое вмешательство после удаления увеальной меланомы, отмечают значительное улучшение зрительных функций.

Отмеченные нами осложнения после реконструктивного этапа сопоставимы с данными мировой литературы. Самое частое осложнение в когорте наших пациентов — ЭД роговицы — развилось у 4 (15%) пациентов. K. Nissen et al. [22] и M.E. Snyder et al. [23] также отмечают возникновение дегенераций роговицы у 6 (13%) и 2 (12%) пациентов соответственно. Второе по частоте осложнение — макулярный отек развился у 3 (11%) пациентов. A.Z. Crawford et al. [11] отмечают подобное осложнение в 15,8% случаев, K. Nissen et al. [22] — в 2 (4%) случаях, M.E. Snyder et al. [23] — в 3 (19%) случаях. Острый иридоциклит развился у 2 (8%) пациентов. A.Z. Crawford et al. [11] отмечают возникновение увеита у своих пациентов в 15,8% случаев. Нами были отмечены единичные случаи вторичной глаукомы, дислокации ИХД в витреальную полость, что отмечали и другие исследователи [11, 22, 23].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Хирургическое удаление иридоцилиарных опухолей — приоритетный способ лечения новообразований переднего отдела увеального тракта. Закономерно блокэксцизия приводит к послеоперационным коллобам радужной оболочки, помутнению хрусталика и, как следствие, к снижению зрения и качества жизни. Микрохирургические технологии и современные материалы, используемые в настоящее время, позволяют значительно повысить клинко-функциональные результаты после удаления новообразований иридоцилиарной зоны путем

оптико-реконструктивного хирургического восстановления структур глаза. Имплантация ИР или ИХД позволяет повысить зрительные функции, улучшить косметический эффект и социальную адаптацию пациентов без повышения риска рецидивирования опухоли.

Литература / References

- Shields J.A., Shields C.L. Intraocular tumors: an atlas and textbook. PHILLY: Lippincott Williams & Wilkins; 2015.
- Rušák Š., Hecová L., Kasl Z. et al. Therapy of uveal melanoma A Review. *Cesk Slov Oftalmol.* 2020;77(1):1–13. DOI: 10.31348/2020/10
- Chattopadhyay C., Kim D.W., Gombos D.S. et al. Uveal melanoma: From diagnosis to treatment and the science in between. *Cancer.* 2016;122(15):2299–2312. DOI: 10.1002/cncr.29727
- Schmelter V., Heidorn S., Muacevic A. et al. Robotic assisted CyberKnife radiosurgery for the treatment of iris melanoma. *Sci Rep.* 2021;11(1):5685. DOI: 10.1038/s41598-021-84290-x
- Саакян С.В., Амирян А.Г., Вальский В.В., Миронова И.С. Брахиотерапия увеальной меланомы передней локализации. *Вестник офтальмологии.* 2015;131(2):5–12. DOI: 10.17116/oftalma201513125-11
- Saakian S.V., Amirian A.G., Valsky V.V., Mironova I.S. Plaque radiotherapy for anterior uveal melanomas. *Russian Annals of Ophthalmology.* 2015;131(2):5–12 (in Russ.). DOI: 10.17116/oftalma201513125-11
- Shields C.L., Naseripour M., Shields J.A. et al. Custom-designed plaque radiotherapy for nonresectable iris melanoma in 38 patients: tumor control and ocular complications. *Am J Ophthalmol.* 2003;135(5):648–656. DOI: 10.1016/s0002-9394(02)02241-9
- Линник Л.Ф. Хирургическая тактика удаления опухолей сосудистого тракта. *Офтальмохирургия.* 2006;(4):17–23.
- Linnik L.F. Surgical tactics for removing tumors of the vascular tract. *Ophthalmosurgery.* 2006;(4):17–23 (in Russ.).
- Mirzayev I., Gündüz A.K., Okçu Heper A. Partial lamellar sclerouvectomy surgery for anteriorly located uveal tumour resection: a 20-year experience. *Eye (Lond).* 2022;36(5):969–977. DOI: 10.1038/s41433-021-01545-7
- Naumann G.O., Rummelt V. Block excision of tumors of the anterior uvea. Report on 68 consecutive patients. *Ophthalmology.* 1996;103(12):2017–2027. DOI: 10.1016/s0161-6420(96)30392-8
- Линник Л.Ф. Удаление опухолей иридоцилиарной зоны с склеропластическим закрытием дефектов. В кн.: тезисы докладов «Опухоли и опухолеподобные заболевания органа зрения». 1998;105–106.
- Linnik L.F. Removal of tumors of the iridociliary zone with scleroplastic closure of defects. In the book: abstracts of reports "Tumors and tumor-like diseases of the organ of vision". 1998;105–106 (in Russ.).
- Crawford A.Z., Freundlich S.E.N., Lim J., McGhee C.N.J. Endocapsular artificial iris implantation for iris defects: Reducing symptoms, restoring visual function and improving cosmesis. *Clin Exp Ophthalmol.* 2022;50(5):490–499. DOI: 10.1111/ceo.14083
- Саакян С.В. Функциональные нарушения после хирургического лечения опухолей иридоцилиарной зоны и меры их предупреждения. *РМЖ. Клиническая офтальмология.* 2001;1:18–20.
- Saakyan S.V. Functional disorders after surgical treatment of tumors of the iridociliary zone and measures to prevent them. *RMJ. Clinical ophthalmology.* 2001;1:18–20 (in Russ.).
- Линник Л.Ф. Оперативное удаление иридоцилиарных опухолей: современные возможности восстановительных операций при помутнении хрусталика. В кн.: тезисы докладов VIII Съезда офтальмологов России. М.; 2005:506–507.
- Linnik L.F. Surgical removal of iridociliary tumors: modern possibilities of reconstructive surgery for clouding of the lens. In: abstracts of the VIII Congress of Ophthalmologists of Russia. M.; 2005:506–507 (in Russ.).

14. Линник Л.Ф. Реконструктивные операции при иридоцилиарных опухолях в сочетании с катарактой. В кн.: тезисы докладов «Опухоли и опухолеподобные заболевания органа зрения». 1998;106–108. Linnik L.F. Reconstructive surgery for iridociliary tumors in combination with cataracts. In: abstracts of reports "Tumors and tumor-like diseases of the organ of vision". 1998;106–108 (in Russ.).
15. Klauber S., Jensen P.K., Prause J.U., Kessing S.V. Surgical treatment of iris and ciliary body melanoma: follow-up of a 25-year series of patients. *Acta Ophthalmol.* 2012;90(2):122–126. DOI: 10.1111/j.1755-3768.2010.01889.x
16. Worst J.G., Los J.R. Iris reconstruction by coloboma repair. *Ophthalmic Surg.* 1989;20(11):790–793. PMID: 2616126
17. Линник Л.Ф. Реконструктивные оперативные вмешательства при опухолях сосудистого тракта. В кн.: тезисы докладов VI съезда офтальмологов УССР: тез. Одесса; 1978. Linnik L.F. Reconstructive surgical interventions for tumors of the vascular tract. In: abstract of the VI Congress of Ophthalmologists of the Ukrainian SSR: thesis. Odessa; 1978 (in Russ.).
18. Бровкина А.Ф., Гундоров Р.А. Результат органосохранного лечения при опухолях иридоцилиарной области и показания к его применению. *Офтальмологический журнал.* 1978;6:426–431. PMID: 714350
- Brovkina A.F., Gundorova R.A. Results of organ-preserving treatment in tumors of the iridociliary region and the indications for its use. *Oftalmol Zh.* 1978;(6):426–431 (in Russ.). PMID: 714350
19. Андреева Т.А. Оптико-реконструктивные операции после блокэкцизий опухолей иридоцилиарной зоны. Дис. ... канд. мед. наук. М.; 2010. Andreeva T.A. Optical reconstructive surgery after block excision of tumors of the iridociliary zone: thesis. M.; 2010 (in Russ.).
20. Burk S.E., Da Mata A.P., Snyder M.E. et al. Prosthetic iris implantation for congenital, traumatic, or functional iris deficiencies. *J Cataract Refract Surg.* 2001;27(11):1732–1740. DOI: 10.1016/s0886-3350(01)01124-5
21. Mavrikakis I., Mavrikakis E., Syam P.P. et al. Surgical management of iris defects with prosthetic iris devices. *Eye (Lond).* 2005;19(2):205–209. DOI: 10.1038/sj.eye.6701448
22. Nissen K., Skibsted S.P., Bagger M.M. et al. Outcome of combined cataract surgery and iris prosthesis implantation in iris melanoma patients previously treated with iridocyclectomy: A national retrospective non-comparative case series. *Acta Ophthalmol.* 2024;102(5):581–589. DOI: 10.1111/aos.16610
23. Snyder M.E., Osher R.H., Wlodecki T.M. et al. Results in Combined Cataract Surgery With Prosthetic Iris Implantation in Patients With Previous Iridocyclectomy for Iris Melanoma. *Am J Ophthalmol.* 2017;175:45–51. DOI: 10.1016/j.ajo.2016.11.013

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Яровой Андрей Александрович — д.м.н., заведующий отделом офтальмоонкологии и радиологии ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 127486, Россия, г. Москва, Бескудниковский б-р, д. 59а; ORCID iD 0000-0003-2219-7054

Соболев Николай Петрович — д.м.н., главный врач ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 127486, Россия, г. Москва, Бескудниковский б-р, д. 59а; ORCID iD 0000-0003-3413-1458

Шацких Анна Викторовна — к.м.н., патологоанатом, заведующая лабораторией патологической анатомии и гистологии глаза ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 127486, Россия, г. Москва, Бескудниковский б-р, д. 59а; ORCID iD 0000-0002-3437-8162

Матяева Ангелина Дмитриевна — офтальмолог, аспирант ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 127486, Россия, г. Москва, Бескудниковский б-р, д. 59а; ORCID iD 0000-0001-7543-619X

Контактная информация: Матяева Ангелина Дмитриевна, e-mail: matyaeva.lina@yandex.ru

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

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 03.02.2025.

Поступила после рецензирования 26.02.2025.

Принята в печать 21.03.2025.

ABOUT THE AUTHORS:

Andrey A. Yarovoy — Dr. Sc. (Med.), Head of the Department of Ophthalmology and Radiotherapy, S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 59a, Beskudnikovskii blvd., Moscow, 127486, Russian Federation; ORCID iD 0000-0003-2219-7054

Nikolay P. Sobolev — Dr. Sc. (Med.), Chief Medical Officer of S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 59a, Beskudnikovskii blvd., Moscow, 127486, Russian Federation; ORCID iD 0000-0003-3413-1458

Anna V. Shatskikh — C. Sc. (Med.), Pathologist, Head of Eye Pathology and Histology Laboratory, S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 59a, Beskudnikovskii blvd., Moscow, 127486, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-3437-8162

Angelina D. Matyaeva — Ophthalmologist, Postgraduate Student, S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 59a, Beskudnikovskii blvd., Moscow, 127486, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-7543-619X

Contact information: Angelina D. Matyaeva, e-mail: matyaeva.lina@yandex.ru

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

There is no conflict of interest.

Received 03.02.2025.

Revised 26.02.2025.

Accepted 21.03.2025.

DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-6

Врожденная и ятрогенная патология глазодвигательных мышц — хирургическая реабилитация (обзор литературы)

Ю.И. Трилюдина¹, О.А. Шелихова¹, А.Г. Заболотный^{1,2}

¹Краснодарский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Фёдорова» Минздрава России, Краснодар, Российская Федерация
²ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России, Краснодар, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Косоглазие — тяжелый функциональный и косметический дефект органа зрения, при котором один глаз отклоняется от общей точки фиксации. Распространенность косоглазия в российской популяции составляет 2–5%, среди пациентов детского возраста — до 7%. Зрительные дисфункции и косметические дефекты, сопровождающие косоглазие, оказывают отрицательное влияние на психосома- тический статус, умственное и интеллектуальное развитие, социальную адаптацию ребенка, у взрослых существенно ограничивают выбор профессии, способствуют формированию тортиколлиса, сопровождаются позиционной диплопией, что существенно ухуд- шает качество жизни. Глазодвигательные мышцы имеют относительно постоянную морфологию. Аномалия развития данной группы мышц — достаточно редкая патология, являющаяся одной из причин врожденного косоглазия. Отсутствие одной или нескольких глазодвигательных мышц — редкое заболевание, которое следует дифференцировать с нейрогенным параличом глазодвигательного нерва. Ятрогенное отсутствие глазодвигательных мышц выявляется у пациентов с ранее оперированным косоглазием в анамнезе, когда хирург в ходе операции «потерял» глазодвигательную мышцу. Хирургическое лечение врожденной патологии и ятрогенно- го состояния глазодвигательного аппарата возможно при помощи операций транспозиции прямых мышц, меняющих направление действия мышцы, традиционно выполняемых при паралитическом косоглазии, когда функция парализованной мышцы значительно нарушена, что может быть сравнимо с аналогичным нарушением функции при гипоплазии или отсутствии мышцы. Множество мето- дик операций транспозиции прямых мышц подразделяется на две основные группы: операции с расщеплением мышцы и операции по перемещению всего сухожилия целиком. Рассмотренный в данном обзоре ряд применяемых в мировой клинической практи- ке страбизмологии методов хирургического лечения паралитического косоглазия имеет существенные недостатки. Библиографи- ческий анализ отечественных и зарубежных публикаций, посвященных проблеме отсутствия или недоразвития экстраокулярных мышц, одной из полиэтиологичных причин развития косоглазия, определяет актуальность дальнейших исследований в направлении хирургической реабилитации данной группы пациентов — разработку методик хирургических вмешательств, не имеющих вышепе- речисленных недостатков.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: косоглазие, недоразвитие глазодвигательных мышц, отсутствие глазодвигательных мышц, потеря глазодвига- тельных мышц.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Трилюдина Ю.И., Шелихова О.А., Заболотный А.Г. Врожденная и ятрогенная патология глазодвигатель- ных мышц — хирургическая реабилитация (обзор литературы). Клиническая офтальмология. 2025;25(спецвыпуск):43–48. DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-6

Congenital and iatrogenic abnormalities of oculomotor muscles — surgical rehabilitation (literature review)

Yu.I. Trilyudina¹, O.A. Shelikhova¹, A.G. Zabolotniy^{1,2}

¹Krasnodar Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Krasnodar, Russian Federation

²Kuban State Medical University, Krasnodar, Russian Federation

ABSTRACT

Strabismus is a severe functional and cosmetic eye disorder in which eyes do not properly align with each other when looking at an object. In Russia, strabismus prevalence is 2–5%, and the value is up to 7% in a pediatric population. Visual dysfunctions and cosmetic defects associated with strabismus have a negative impact on a psychosomatic status, mental and intellectual development, as well as social adaptation of a child. As for adults, the conditions significantly limit an occupational choice and cause torticollis. Moreover, they are combined with positional diplopia that essentially worsens a quality of life. Oculomotor muscles have a relatively constant morphology. Abnormal development of the muscle group is a quite rare condition that is one of causes of congenital strabismus. The absence of one or more oculomotor muscles is a rare disease that should be differentiated from neurogenic oculomotor nerve paralysis. Iatrogenic absence of oculomotor muscles is detected in patients with a history of previously operated strabismus when a surgeon "lost" an oculomotor muscle during the surgery. The congenital abnormality and the iatrogenic condition of the oculomotor apparatus can be surgically managed with transposition of rectus muscles changing a direction of the muscle action. Conventionally, the interventions are performed to treat paralytic

strabismus when a function of a paralyzed muscle is significantly impaired. This may be comparable to a similar functional impairment associated with hypoplasia or absence of the muscle. Many surgical methods of rectus muscle transposition are divided into two main groups: muscle splitting interventions and full tendon transposition techniques. A number of surgical techniques to manage paralytic strabismus used in a global clinical strabismological practice and reported in the review have a significant list of essential disadvantages. The subject bibliographic analysis of national and foreign papers focused on absence or hypoplasia of extraocular muscles (i. e., one of polyetiologic causes of strabismus) determines a relevance of further studies on surgical rehabilitation of the patients (in particular, development of surgical techniques without the above-mentioned disadvantages).

KEYWORDS: strabismus, oculomotor muscle hypoplasia, absence of oculomotor muscles, loss of oculomotor muscles.

FOR CITATION: Trilyudina Yu.I., Shelikhova O.A., Zabolotniy A.G. Congenital and iatrogenic abnormalities of oculomotor muscles — surgical rehabilitation (literature review). *Russian Journal of Clinical Ophthalmology*. 2025;25(Special Issue):43–48 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-6

ВВЕДЕНИЕ

Косоглазие — тяжелый функциональный и косметический дефект органа зрения, при котором один глаз отклоняется от общей точки фиксации. Распространенность косоглазия в российской популяции колеблется от 2 до 5% [1–4]. Частота косоглазия в детском возрасте достигает 7% [5, 6]. По данным авторов [7, 8], частота встречаемости паралитического косоглазия среди населения достигает 5%. Зрительные дисфункции и косметические дефекты, сопровождающие косоглазие, оказывают отрицательное влияние на психосоматический статус, умственное и интеллектуальное развитие, социальную адаптацию ребенка, а также существенно ограничивают выбор профессии во взрослом возрасте [4, 9].

Хирургическое лечение косоглазия у детей направлено на достижение ровного положения зрительных осей и восстановление бинокулярных функций, у взрослых — на устранение косметического дефекта, улучшение качества жизни, восстановление нормального зрительного контакта, повышение уровня самооценки, уверенности в себе, нивелирование необходимости маскировать косоглазие, повышение возможности трудоустройства, улучшение межличностных, социальных отношений [4, 9].

Недоразвитие или отсутствие глазодвигательных мышц

Глазодвигательные мышцы имеют определенные характерологические параметры — анатомические, физические и топографические, расположение (место начала и прикрепления). В то же время может наблюдаться некоторая вариабельность физических параметров: длины, ширины и толщины мышцы и сухожилия [10].

Дисплазия глазодвигательных мышц является одной из причин врожденного косоглазия, встречается редко и может рассматриваться как казуистический случай. Отечественные и зарубежные авторы описывают орфанные случаи, когда глазодвигательные мышцы могут быть неразвитыми [10], дублироваться [11, 12], описывают случаи отсутствия как на одном [14–20], так и на обоих глазах. Авторы [12] сообщают о случаях дубликатуры нижних прямых мышц в сочетании с их аплазией.

В научной литературе [17, 18] представлены случаи аплазии нижних прямых мышц, их односторонний характер — в сообщениях авторов [18, 19]. Гипоплазия глазодвигательных мышц встречается при синдроме Аксенфельда — Ригера и обусловлена нарушением дифференциации мезодермального комплекса [15]. Известны случаи наследственной семейной аплазии нижних прямых мышц [19].

В публикациях [20–22] сообщается о высокой частоте мышечных аномалий при врожденном косоглазии и девиации с вертикальным компонентом. Частота врожденных аномалий глазодвигательных мышц может увеличиваться при черепно-лицевых дизостозах [23].

Врожденное отсутствие одной или нескольких глазодвигательных мышц является редким заболеванием, которое следует рассматривать в качестве дифференциального диагноза с нейрогенным параличом нерва.

ЯТРОГЕННОЕ ОТСУТСТВИЕ ГЛАЗОДВИГАТЕЛЬНЫХ МЫШЦ

Ятрогенное отсутствие глазодвигательных мышц выявляется у пациентов с ранее оперированным косоглазием в анамнезе, когда хирург в ходе операции по исправлению косоглазия «потерял» глазодвигательную мышцу [24, 25]. Частота такого осложнения, по данным авторов [26], составляет 10,6%. «Потеря» мышцы происходит, когда глазодвигательная мышца освобождается от швов (разрыв нити, прорезывание шва) или хирургических инструментов [27]. Чаще это осложнение встречается при хирургии длительно существующих паралитических косоглазий, когда ослабляемая мышца находится в повышенном тоне и в состоянии пассивного напряжения. При соскальзывании мышцы стягивается кзади в глазницу. «Потеря» мышцы возможна при ее разрыве, чаще на стыке между брюшком мышцы и ее сухожилием. Частота отрыва мышцы в детской хирургии косоглазия составляет приблизительно 0,02% [28]. «Потеря» мышцы чаще встречается при операциях на внутренней прямой и нижней прямой глазодвигательных мышцах из-за более короткой дуги прикрепления к глазному яблоку [29]. Риск «потери» мышцы возрастает при обширных рубцах после перенесенных ранее операций на глазах и при напряжении мышц, например, при эндокринной офтальмопатии или сокращении антагониста паретичной мышцы.

В литературе описаны случаи [30–33] «потерянной» мышцы в результате предшествующих операций или травмы и методы хирургической коррекции данной патологии с применением различных способов транспозиции глазодвигательных мышц.

Интраоперационная «потеря» мышцы встречается достаточно редко. Судить о частоте встречаемости ятрогенной «потери» одной из глазодвигательных мышц не представляется возможным из-за отсутствия достоверной информации. Заподозрить данную ситуацию у пациента с косоглазием можно при тщательном осмотре и сборе ана-

мнеза. Необходимо учитывать сроки после предыдущего вмешательства, чтобы определиться с хирургической тактикой. Чаще повторные вмешательства выполняются в отдаленные сроки, что снижает вероятность нахождения «потерянной» мышцы и требует поиска иных путей решения проблемы.

СПОСОБЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ

Хирургическое лечение описанной патологии и ятрогенного состояния глазодвигательного аппарата возможно путем проведения операции по транспозиции прямых мышц у пациентов с паралитическим косоглазием, при ухудшении функции парализованной мышцы, что подобно функциональной мышечной дисфункции при отсутствии или гипоплазии глазодвигательной мышцы.

Технологически операции по транспозиции прямых мышц делятся на 2 основные группы: операции с расщеплением мышцы и операции по перемещению всего сухожилия целиком.

ОПЕРАЦИИ ТРАНСПОЗИЦИИ ПРЯМЫХ МЫШЦ С РАСЩЕПЛЕНИЕМ МЫШЦЫ

Самый исторически ранний способ хирургической коррекции косоглазия при параличе или отсутствии наружной прямой мышцы разработан Е.К.М.Т. Hummelsheim [34]. Суть операции сводится к подшиванию латеральных половин сухожилий верхней и нижней прямых мышц к месту прикрепления наружной прямой мышцы в сочетании с рецессией внутренней прямой мышцы. Так как оперировать приходится на трех мышцах, повышается вероятность развития ишемии переднего отдела глаза в послеоперационном периоде [35–39].

Р. O'Connor предложил модификацию операции Hummelsheim. Отличием данного способа является то, что транспонируемые латеральные половины сухожилий верхней и нижней прямых мышц сшиваются с верхней и нижней третями паретичной наружной прямой мышцы соответственно, при этом средняя часть паретичной мышцы укорачивается.

Операция Э.С. Аветисова [35] представляет собой резекцию наружной прямой мышцы и подшивание к склере позади места ее прикрепления латеральных третей верхней и нижней прямых мышц в совокупности с рецессией внутренней прямой мышцы.

Операция Jensen [34] заключается в том, что прямые глазодвигательные мышцы от склеры не отсекаются, целостность передних цилиарных сосудов обеспечивает сохранение в них кровотока. В ходе операции по длине, на протяжении 15 мм от места прикрепления, расщепляются верхняя, наружная и нижняя прямые мышцы. Следующим этапом выполняется подшивание наружной половины верхней прямой мышцы к верхней половине наружной прямой, нижней половины наружной прямой — к наружной половине нижней прямой, кзади от мест прикрепления мышц на 10 мм.

К.Г. Пузыревский и Н.Г. Анциферова [40] предложили свой способ лечения вторичного косоглазия. Освобожденные от передних цилиарных артерий срединные мышечные пучки мышц вертикального действия узловыми швами подшиваются к склере в 9–11 мм от лимба между нижней/верхней прямой и латеральной прямой мышцами.

При отсутствии или параличе вертикальной прямой мышцы методом транспозиции с расщеплением го-

ризонтальной прямой мышцы с одномоментным выполнением рецессии вертикальной мышцы-антагониста осуществимо исправление до 25 призмных диоптрий, без выполнения рецессии — до 10 призмных диоптрий в прямой позиции зрения.

Операции, выполняемые данными способами, позволяют в некоторой степени восстановить подвижность глаза в сторону действия парализованной или отсутствующей мышцы, однако не лишены недостатков.

К их недостаткам можно отнести нестабильность результата операции, поскольку транспонируемая мышечная ткань склонна к фиброзу, что в отдаленном послеоперационном периоде приводит к ограничению подвижности в сторону отсутствующей или паретичной мышцы, вызывая неудовлетворенность результатом у пациента. Кроме того, операции транспозиции прямых мышц с расщеплением мышцы имеют высокую травматичность, поскольку оперировать приходится сразу на трех и более мышцах. Возникают ишемия переднего отрезка глазного яблока и трофические изменения в переднем отделе глаза [35–38]. При хирургии косоглазия к угрозам развития ишемии переднего отрезка глазного яблока у пациентов относятся: пожилой возраст, ранее перенесенные операции по поводу косоглазия, отслойки сетчатки, сопутствующие атеросклероз сосудов, гематологические нарушения, сахарный диабет, тиреодотропная патология. В литературе описаны случаи [38, 39], когда осложнения хирургии косоглазия приводят к развитию в оперированных глазах кератопатии, ирита и иридоциклита, атрофии радужной оболочки, катаракты.

Из-за высокой травматичности данной группы операций ранний послеоперационный период у пациентов сопровождается выраженным отеком конъюнктивы и геморагиями. Вследствие необходимости оперировать на трех и более глазодвигательных мышцах как вертикального, так и горизонтального действия существует риск сужения глазной щели и развития энтофтальма, а также появления вертикального косоглазия.

ОПЕРАЦИИ ТРАНСПОЗИЦИИ ВСЕГО СУХОЖИЛИЯ ГЛАЗОДВИГАТЕЛЬНЫХ МЫШЦ

Операция Кнапп [41, 42] впервые описана автором при параличе верхней прямой мышцы и заключается в транспозиции сухожилий внутренней и наружной прямых мышц кверху целиком у пациентов с гипотропией в первичной позиции зрения. Операцию выполняют путем отсечения цельных сухожилий горизонтальных прямых мышц от их мест прикрепления и фиксации к месту прикрепления паретичной верхней прямой мышцы по спирали Tillaux. Достижимая коррекция девиации — до 38 призмных диоптрий.

Недостаток данного способа — вероятность смещения места фиксации мышц-доноров от физиологической (спирали Tillaux) при их пересадке. В исходе — появление вертикальной девиации, нарушения бинокулярного зрения или двоения.

Модифицированная операция транспозиции предложена Foster [41, 42]. Автор добавил к транспозиции сухожилия фиксирующий шов позади нового прикрепления мышцы с фиксацией ее к склере, усиливающий эффект пересадки всего сухожилия.

С помощью этого вмешательства можно надежно фиксировать дислоцированные мышцы. Избыточная травми-

зация тканей относится к недостаткам этого вида хирургии, как и риск развития послеоперационного ограничения подвижности глазного яблока.

Приведенные методы хирургии косоглазия, по мнению авторов, более или менее эффективны, но не в полной мере удовлетворяют запросы пациентов. Существенно повышается травматичность вмешательства, а значит, увеличивается частота осложнений во время операции, в раннем и позднем послеоперационных периодах: кровоизлияния, отеки в месте вмешательства и перифокально, избыточное рубцевание, фиброз мышечных волокон заимствованных мышц, что в отдаленном периоде приводит к ограничению подвижности и рецидиву косоглазия.

Достаточно редкое, однако встречающееся осложнение при хирургии более чем на трех прямых мышцах — это ишемия переднего отдела глаза и, как следствие, тотальный отек роговицы. Еще один недостаток — возможность смещения пересаженных частей прямых мышц в ходе вмешательства, что может повлечь за собой возникновение вертикального компонента и диплопии.

Кроме этого, затруднения возникают при попытке устранить большие углы косоглазия, вызванного отсутствием мышц, полного эффекта добиться невозможно. Также сложно ожидать стойкий эффект в отдаленном послеоперационном периоде.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на редкость приведенных этиопатогенетических причин развития косоглазия, они, так же как и остальные, препятствуют правильному формированию зрительных функций у детей, а у взрослых способствуют формированию тортиколлеса, сопровождаются позиционной диплопией, что существенно ухудшает качество жизни пациентов.

Рассмотренный ряд применяемых в мировой клинической практике страбизмологии методов хирургического лечения паралитического косоглазия имеет существенные недостатки. Библиографический анализ отечественных и зарубежных публикаций, посвященных проблеме отсутствия или недоразвития глазодвигательных мышц, одной из полиэтиологических причин развития косоглазия, определяет актуальность дальнейших исследований в направлении хирургической реабилитации данной группы пациентов — разработку методик хирургических вмешательств, не имеющих вышеперечисленных недостатков.

Литература / References

1. Азнаурян И.Э., Баласанян В.О., Маркова Е.Ю. и др. Диагностика и лечение содружественного сходящегося косоглазия: руководство для врачей-офтальмологов. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2020. Aznauryan I.E., Balasanyan V.O., Markova E.Y. et al. Diagnosis and treatment of concomitant convergent strabismus: a guide for ophthalmologists. M.: GEOTAR-Media; 2020 (in Russ.).
2. Маркова Е.Ю., Авакянц Г.В. Лечение несодружественного косоглазия у детей. В кн.: материалы научной конференции с международным участием «Невские горизонты — 2020». Санкт-Петербург. СПб.: ООО «Пиастр Плюс»; 2020:108–109. (Электронный ресурс.) URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_44051823_27238595.pdf (дата обращения: 03.12.2024).

3. Markova E.Y., Avakyants G.V. Treatment of incomitant strabismus in children. In: Materials of the scientific conference with international participation "Nevskie Horizonti — 2020". St. Petersburg. "Piastr Plus" LLC; 2020:108–109. (Electronic resource.) URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_44051823_27238595.pdf (access date: 03.12.2024) (in Russ.).

3. Катаргина Л.А., ред. Детская офтальмология. Федеральные клинические рекомендации. М.; 2016. Katargina L.A., ed. Pediatric ophthalmology. Federal clinical recommendations. M.; 2016 (in Russ.).

4. Маркова Е.Ю. Современные тенденции лечения косоглазия у детей. *Офтальмология*. 2016;13(4):260–264. DOI: 10.18008/1816-5095-2016-4-260-264

- Markova E.Y. Modern trends in the treatment of strabismus in children. *Ophthalmology*. 2016;13(4):260–264 (in Russ.). DOI: 10.18008/1816-5095-2016-4-260-264

5. Ларионова О.В., Дравица Л.В. Современный взгляд на эпидемиологию и этиопатогенез содружественного косоглазия. *Проблемы здоровья и экологии*. 2019;3(61):12–17. DOI: 10.51523/2708-6011.2019-16-3-2

- Larionova O.V., Dravitsa L.V. The modern view on the epidemiology and etiopathogenesis of concomitant strabismus. *Problems of Health and Ecology*. 2019;3(61):12–17 (in Russ.). DOI: 10.51523/2708-6011.2019-16-3-2

6. Elflein H.M. Amblyopie. *Ophthalmologie*. 2016;113(4):283–288. DOI: 10.1007/s00347-016-0247-3

7. Niyaz L., Gul A., Ariturk N. Frequency and etiology of paralytic strabismus. *Austin J Clin Ophthalmol*. 2015;2(1):1–2.

8. Плисов И.Л., Черных В.В. Паралитическое косоглазие: клиника, диагностика, лечение. М.: Офтальмология; 2018.

- Plisov I.L., Chernykh V.V. Paralytic strabismus: clinic, diagnostics, treatment. M.: Ophthalmology; 2018 (in Russ.).

9. Buffen A.N. The impact of strabismus on psychological health and quality of life: a systematic review. *Survey Ophthalmol*. 2021;66(6):1051–1064. DOI: 10.1016/j.survophthal.2021.03.00

10. Shumway C.L., Motlagh M., Wade M. Anatomy, Head and Neck: Eye Inferior Rectus Muscle. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025. PMID: 30085520

11. Nayak S.B., Shetty S.D., Kumar N., Aithal A.P. Double-bellied superior rectus muscle. *Surgical Radiologic Anatomy*. 2019;41(6):713–715. DOI: 10.1007/s00276-019-02211-0

12. Bhate M. Double-bellied inferior rectus muscles with aplasia of medial rectus muscles. *J AAPOS*. 2024;28(1):103–798. DOI: 10.1016/j.jaapos.2023.09.009

13. Sheth J., Shinde A., Kekunnaya R. Congenital anomalies of inferior rectus and its surgical outcomes. *Strabismus*. 2022;30(3):150–158. DOI: 10.1080/09273972.2022.2098989

14. Lee S.B., Yoon Y.H. Bilateral absence of the inferior rectus muscle presenting with pseudoptosis: treatment of a novel presentation. *J AAPOS*. 2016;20(6):550–552. DOI: 10.1016/j.jaapos.2016.07.231

15. Decer M., Cassiman C., Casteels I. et al. Extraocular muscle hypoplasia associated with Axenfeld-Rieger syndrome. *Strabismus*. 2021;29(4):216–220. DOI: 10.1080/09273972.2021.1987926

16. Taylor R.H., Kraft S.P. Aplasia of the inferior rectus muscle. A case report and review of the literature. *Ophthalmology*. 1997;104(3):415–418. DOI: 10.1016/s0161-6420(97)30299-1

17. Matsuo T., Watanabe T., Furuse T. et al. Case report and literature review of inferior rectus muscle aplasia in 16 Japanese patients. *Strabismus*. 2009;17(2):66–74. DOI: 10.1080/09273970802687504

18. Zöller C.C., Gräf M., Kaufmann H. Einseitige Aplasie eines Musculus rectus lateralis Unilateral aplasia of a lateral rectus muscle. *Klin Monbl Augenheilkd*. 2001;218(1):55–60. DOI: 10.1055/s-2001-11262

19. Pimenides D., Young S., Minty I. et al. Familial aplasia of the inferior rectus muscles. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*. 2005;42(4):222–227. DOI: 10.3928/01913913-20050701-04
20. Хамраева Л.С., Мавлянов М.Ш., Бобоха Л.Ю. Клинический случай наблюдения больного с аномалией глазодвигательных мышц при перинатальном поражении центральной нервной системы. *Российская педиатрическая офтальмология*. 2015;2:41–43. Khamraeva L.S., Mavlyanov M.Sh., Bobokha L.Y. Clinical case of observation of a patient with anomaly of oculomotor muscles in perinatal lesion of the central nervous system. *Russian Pediatric Ophthalmology*. 2015;2:41–43 (in Russ.).
21. Sharma P., Chaurasia S., Rasal A. Bilateral medial rectus aplasia and a modified surgical approach of transposition myorexy of vertical recti. *BMJ Case reports*. 2017;bcr2017220404. DOI: 10.1136/bcr-2017-220404
22. Пузыревский К.Г., Анциферова Н.Г., Плисов И.Л. Клинические случаи аплазии нижних прямых мышц. «Федоровские чтения — 2009». Раздел 6. Патология глазодвигательного аппарата. (Электронный ресурс.) URL: <https://eyepress.ru/material/-klinicheskie-sluchai-aplazii-nizhnikh-priamykh-myshts-> (дата обращения: 03.12.2024).
23. Puzyrevsky K.G., Antsiferova N.G., Plisov I.L. Clinical cases of aplasia of lower rectus muscles. "Fedorov Readings — 2009". Section 6. Pathology of the oculomotor apparatus (Electronic resource.) URL: <https://eyepress.ru/material/-klinicheskie-sluchai-aplazii-nizhnikh-priamykh-myshts-> (access date: 03.12.2024) (in Russ.).
24. Diamond G.R., Katowitz J.A., Whitaker L.A. Variations in extraocular muscle number and structure in craniofacial dysostosis. *Am J Ophthalmol*. 1980;90:416–418. DOI: 10.1016/S0002-9394(14)74927-X
25. Lee A.R., Clark R.A., Suh D.W. et al. Strabismus Surgery Complications. 2024.
26. Olitsky S.E., Coats D.K. Complications of Strabismus Surgery. *Middle East Afr J Ophthalmol*. 2015;(22):271–278. DOI: 10.4103/0974-9233.159692
27. Chen S.I., Knox P.C., Hiscott P. et al. Detection of the Slipped Extraocular Muscle After Strabismus Surgery. *Ophthalmol*. 2005;112(4):686–693. DOI: 10.1016/j.ophtha.2004.11.048
28. Coats D.K., Olitsky S.E. et al. Slipped and Lost Muscles. In: Coats D.K., Olitsky S.E. Strabismus Surgery and Its Complications. Springer Science & Business Media. 2007;233–246.
29. Ellis E.M., Kinori M., Robbins S.L., Granet D.B. Pulled-in-two syndrome: a multicenter survey of risk factors, management and outcomes. *J AAPOS*. 2016;(20):387–391. DOI: 10.1016/j.jaapos.2016.06.004
30. Chatzistefanou K.I., Kushner B.J., Gentry L.R. Magnetic resonance imaging of the arc of contact of extraocular muscles: implications regarding the incidence of slipped muscles. *J AAPOS*. 2000;(4):84–93. DOI: 10.1067/mpa.2000.103434
31. Oke I., Lorenz B., Basiakos S. et al. Nasal transposition of the split lateral rectus muscle for strabismus associated with bilateral third nerve palsy. *Am J Ophthalmol*. 2022;242:165–172. DOI: 10.1016/j.ajo.2022.06.010
32. Goldberg R.A. Is there a "lost" rectus muscle in strabismus surgery? *Am J Ophthalmol*. 2001;132:101–103. DOI: 10.1016/S0002-9394(01)01019-4
33. Bagheri A., Abbaszadeh M., Tavakoli M. Medial rectus muscle loss: Is immediate lateral rectus disinsertion a solution? A case report with review of the literature. *J Curr Ophthalmol*. 2018;31(3):349–352. DOI: 10.1016/j.joco.2018.10.010
34. Пасикова Н.В., Кузнецов И.В. Некоторые осложнения хирургии косоглазия. Обзор литературы. *Точка зрения. Восток — Запад*. 2022;3:45–49. DOI: 10.25276/2410-1257-2022-3-45-49
35. Pasikova N.V., Kuznetsov I.V. Some complications of strabismus surgery. Literature review. *Point of view. East-West*. 2022;3:45–49 (in Russ.). DOI: 10.25276/2410-1257-2022-3-45-49
36. Arfeen S., Azzab M., Saad Z. et al. Comparison between Hummelsheim and Jensen procedures in the management of chronic sixth nerve palsy. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2022;260:63–369. DOI: 10.1007/s00417-021-05352-4
37. Аветисов С.Э., Данилов С.С., Шалтынов А.С. Хирургия косоглазия и синдром ишемии переднего сегмента глаза. *Вестник офтальмологии*. 2019;135(3):99–103. DOI: 10.17116/oftalma201913503199
38. Avetisov S.E., Danilov S.S., Shaltynov A.S. Strabismus surgery and anterior segment ischemia syndrome. *Ophthalmology Bulletin*. 2019;135(3):99–103 (in Russ.). DOI: 10.17116/oftalma201913503199
39. Bagheri A., Tavakoli M., Torbati P. et al. Natural course of anterior segment ischemia after disinsertion of extraocular rectus muscle in an animal model. *J AAPOS*. 2013;17:395–401. DOI: 10.1016/j.jaapos.2013.05.010
40. Oltra E.Z., Pineles S.L., Demer J.L. et al. The effect of rectus muscle recession, resection and plication on anterior segment circulation in humans. *Br J Ophthalmol*. 2015;99(4):556–560. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2014-305712
41. Tibrewal S., Kekunnaya R. Risk of anterior segment ischemia following simultaneous three rectus muscle surgery: results from a single Tertiary Care Centre. *Strabismus*. 2018;26(2):77–83. DOI: 10.1080/09273972.2018.1450429
42. Wan M.J., Hunter D.G. Complications of strabismus surgery: incidence and risk factors. *Semin Ophthalmol*. 2014;5:421–428. DOI: 10.3109/08820538.2014.959190
43. Пузыревский К.Г., Анциферова Н.Г. Способ лечения вторичного косоглазия. Патент RU 2 407 492 C1. Опубл. 27.12.2010. Puzyrevsky K.G., Antsiferova N.G. Method for treating secondary strabismus. Patent RU 2 407 492 C1. Published 27.12.2010 (in Russ.).
44. Akar S., Gokyigit B., Ozturker Z. Combined rectus muscle transposition with posterior fixation sutures (Augmented Knapp Procedure) for the surgical treatment of double elevator palsy. *J Pediatric Ophthalmol Strabismus*. 2022;59(1):17–23. DOI: 10.3928.01913913-2021070702
45. Maurino V., Kwan A.S.L., Lee J.P. Review of the inverse Knapp procedure: Indications, effectiveness and results. *Eye*. 2001;15(1):7–11. DOI: 10.1038/eye.2001.4

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Трилюдина Юлия Ивановна — врач-офтальмолог кабинета охраны зрения детей Краснодарского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 350012, Россия, г. Краснодар, ул. Красных Партизан, д. 6; ORCID iD 0000-0002-8601-2058

Шелихова Оксана Александровна — врач-офтальмолог кабинета охраны зрения детей Краснодарского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 350012, Россия, г. Краснодар, ул. Красных Партизан, д. 6; ORCID iD 0000-0002-3990-0888

Заболотный Александр Григорьевич — к.м.н., доцент, главный научный сотрудник научного отдела Краснодарского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 350012, Россия, г. Краснодар, ул. Красных Партизан, д. 6; доцент кафедры глазных болезней ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России; 350063, Россия, г. Краснодар, ул. Митрофана Седина, д. 4; ORCID iD 0000-0002-6022-1708

Контактная информация: Трилюдина Юлия Ивановна, e-mail: yulya.trilyudina.82@bk.ru

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

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 05.12.2024.

Поступила после рецензирования 25.12.2024.

Принята в печать 22.01.2025.

ABOUT THE AUTHORS:

Yulia I. Trilyudina — Ophthalmologist, Children's Vision Protection Office, Krasnodar Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 6, Krasnykh Partizan str., Krasnodar, 350012, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-8601-2058

Oksana A. Shelikhova — Ophthalmologist, Children's Vision Protection Office, Krasnodar Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 6, Krasnykh

Partizan str., Krasnodar, 350012, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-3990-0888

Alexander G. Zabolotniy — C. Sc. (Med.), Assistant Professor, Chief Scientific Officer of the Scientific Department, Krasnodar Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 6, Krasnykh Partizan str., Krasnodar, 350012, Russian Federation; Assistant Professor of the Department of Eye Diseases, Kuban State Medical University; 4, Mitrofan Sedin str., Krasnodar, 350063, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-6022-1708

Contact information: Yulia I. Trilyudina, e-mail: yulya.trilyudina.82@bk.ru

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

Conflict of interest: no conflict of interest.

Received 05.12.2024.

Revised 25.12.2024.

Accepted 22.01.2025.

DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-7

Посткератотомический статус и возможности его коррекции

А.А. Петухова, С.Ю. Копяев, А.А. Трошина, Ю.В. Григорьева

ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Москва, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Настоящий обзор посвящен истории становления радиальной кератотомии (РК), осложнениям этого вмешательства и стратегии борьбы с ними в наши дни. РК была разработана для коррекции миопии и астигматизма — дозированное нанесение надрезов на роговицу приводило к изменению ее преломляющей силы. Среди основных осложнений РК выделяют гиперметропический сдвиг, индуцированный астигматизм, расхождение краев рубцов, эпителиальные пробки, субэпителиальный фиброз, посткератотомическую кератэктазию, снижение плотности эндотелиальных клеток. Подход к коррекции посткератотомического статуса у пациентов после РК индивидуален и может включать наложение швов, Femto-LASIK, фоторефракционную кератэктомию, кросслинкинг, имплантацию интрастромальных сегментов, сквозную глубокую переднюю послойную кератопластику, трансплантацию боуеновой мембраны. У пациентов с развившейся катарактой предпочтительным методом служит замена хрусталика с имплантацией интраокулярной линзы (ИОЛ). Однако значимые послеоперационные изменения топографии в центральной зоне роговицы после РК приводят к трудностям расчета характеристик ИОЛ. Хирургия катаракты в этом случае требует оптимизации техники операции, в частности выбора размера и безопасной локализации основного доступа.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: посткератотомические изменения роговицы, Femto-LASIK, фоторефракционная кератэктомию, кросслинкинг, факоэмульсификация, кератопластика.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Петухова А.А., Копяев С.Ю., Трошина А.А., Григорьева Ю.В. Посткератотомический статус и возможности его коррекции. Клиническая офтальмология. 2025;25(специальный):49–53. DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-7

Postkeratotomy status and its potential management

A.A. Petukhova, S.Yu. Kopyaev, A.A. Troshina, Yu.V. Grigoryeva

S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

This review is focused on development of radial keratotomy (RK), its complications, and up-to-date strategies to manage them. RK was developed to treat myopia and astigmatism. In particular, specific number of incisions on the cornea altered its refractive power. Common complications of RK include hypermetropic shift, induced astigmatism, scar dehiscence, epithelial plugs, subepithelial fibrosis, postkeratotomy keratectasia, and decreased endothelial cell density. The approach to manage a postkeratotomy status in post-RK patients is personalized, and it may include suturing, Femto-LASIK, photorefractive keratectomy, crosslinking, implantation of intrastromal segments, penetrating or deep anterior lamellar keratoplasty, and Bowman layer transplantation. Lens replacement with intraocular lens (IOL) implantation is a method of choice in patients with advanced cataracts. Significant post-RK topographic changes in the central corneal area complicate calculation of IOL characteristics. In this case, cataract surgery requires improvement of the surgical technique (in particular, a choice of size and safe localization of the main access).

KEYWORDS: postkeratotomy corneal alteration, Femto-LASIK, photorefractive keratectomy, crosslinking, phacoemulsification, keratoplasty.

FOR CITATION: Petukhova A.A., Kopyaev S.Yu., Troshina A.A., Grigoryeva Yu.V. Postkeratotomy status and its potential management. Russian Journal of Clinical Ophthalmology. 2025;25(Special Issue):49–53 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-7

ВВЕДЕНИЕ

Радиальная кератотомия (РК) была первой и стала одной из наиболее часто выполняемых рефракционных хирургических операций XX в., проводимых с целью коррекции миопии и астигматизма, хотя уже в XIX в. ряд хирургов предпринимали попытки изменить оптику глаза путем выполнения надрезов роговицы. В 1970–1980-е годы в многочисленных работах школы академика С.Н. Федорова и американских офтальмохирургов были показаны безопасность и эффективность РК, что позволило широко внедрить ее в практику. Однако в настоящее время в клинической практике врачи сталкиваются с отдаленными последствиями «золотого стандарта» коррекции аномалий рефракций того времени, которые характеризуются морфологическими

и топографическими изменениями роговицы, способствующими снижению остроты зрения пациентов, чаще всего по причине гиперметропического сдвига и сформировавшегося астигматизма [1]. До сих пор не существует универсального способа коррекции аномалий рефракций после выполненной РК.

ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РК

Историю развития РК можно разделить на два этапа [1]. Первые попытки коррекции астигматизма были предприняты Н. Schiötz в 1855 г.: через 4 мес. после хирургии катаракты пациенту наносили лимбальные разрезы роговицы. В последующем появились сообщения об уплощении

крутого меридиана в результате неперфорирующих разрезов роговицы, а L.J. Lans в 1898 г. написал докторскую диссертацию, посвященную лечению астигматизма с помощью неперфорирующих разрезов роговицы. Японский хирург T. Sato в 1939 г. впервые описал заднюю кератотомию, однако данная технология не получила распространения в связи с развитием в отдаленном периоде буллезной кератопатии. Из-за невозможности стандартизации хирургического процесса, сложности расчетов и непредсказуемости результатов в течение длительного времени интерес к РК как к методу коррекции аномалий рефракции был утерян, однако спустя 20 лет академик С.Н. Федоров обратил внимание на это вмешательство. Советские офтальмологи, а впоследствии и их американские коллеги внесли существенный вклад в развитие передней РК, доказали эффективность и безопасность этого вида хирургической коррекции аномалий рефракции, которую на протяжении длительного времени использовали во всем мире [2].

ОСОБЕННОСТИ ПОСТКЕРАТОТОМИЧЕСКОГО СТАТУСА У ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ПРОВЕДЕННОЙ РК

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ РОГОВИЦЫ

Согласно данным литературы в отдаленном периоде после РК отмечается ряд структурных изменений роговицы: наличие эпителиальных пробок, псевдокератинизация, нарушение структурности слоев, образование ацеллюлярных участков, нарушение прозрачности, метаплазия эпителия, металлические включения, врастание кровеносных сосудов, субэпителиальный фиброз, истончение стромы в нижних отделах роговицы, расхождение насечек [3]. Более того, созданы классификации, описывающие особенности заживления кератотомических рубцов на основании данных, полученных в результате световой и конфокальной микроскопии. Так, А.В. Дога и соавт. [3] на основании данных конфокальной микроскопии выделили незавершенный и завершенный типы рубцевания. Последний отличается отсутствием расхождения краев кератотомических рубцов, интактностью глубоких слоев стромы и эндотелия роговицы.

Снижение плотности эндотелиальных клеток — еще одно нежелательное последствие РК, возникающее в результате перфораций во время самого вмешательства либо вследствие изменений формы роговицы с десквамацией эндотелиальных клеток [4].

Стоит отметить, что наблюдаемые сегодня, спустя более чем 30 лет после выполнения РК, морфологические изменения роговицы во многом связаны с типом лезвия, которым была выполнена операция. На этапе внедрения в практику эту операцию выполняли металлическими лезвиями, от использования которых впоследствии отказались в пользу алмазных. В диссертации А.И. Ивашиной [5] было продемонстрировано преимущество последних в связи с отсутствием в послеоперационном периоде симптомов воспаления, отека роговицы в области надрезов, более того, рефракционный эффект оказался выше при применении алмазного лезвия. Однако малая травматизация при использовании алмазного лезвия привела к незавершенному процессу рубцевания, причиной которого, вероятно, стало ингибирование кератобластической активности

и отсутствие протеогликанов. В результате рубец после РК оказывался непрочным, а в случае его большой протяженности — чувствительным к тупой травме [6].

КЕРАТОТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РОГОВИЦЫ

С течением времени у пациентов после РК увеличивается степень астигматизма и сдвиг в сторону гиперметропической рефракции. К основным факторам развития гиперметропического сдвига относят индивидуально сниженные биомеханические параметры роговицы и их возрастные изменения, незавершенный процесс рубцевания, повышение внутриглазного давления (ВГД)¹. В результате наблюдается уплощение центральной зоны роговицы¹, сильного и слабого меридиана, выраженность которого зависит от количества нанесенных кератотомических надрезов [7].

В отдаленном периоде после РК возможно развитие вторичной посткератотомической кератэктазии, характеризующейся усилением рефракции в нижних отделах из-за периферической протрузии, формированием сложного гиперметропического, смешанного астигматизма разной степени, иррегулярностью астигматизма [7]. Существует мнение, что иррегулярность возникает вследствие нарушения биомеханических свойств роговицы в результате неравномерного рубцевания каждого из радиальных разрезов и неравномерной деформации центральной зоны роговицы [8].

СПОСОБЫ КОРРЕКЦИИ АНОМАЛИЙ РЕФРАКЦИЙ НА ГЛАЗАХ ПОСЛЕ РК

В эпоху своего наибольшего распространения РК давала положительные рефракционные результаты, однако вопрос коррекции остаточных и индуцированных нарушений после выполненной операции оставался открытым. Основной причиной неполной коррекции считали недостаточную глубину просечения кератотомических надрезов [9]. В первое время единственным возможным методом коррекции остаточных рефракционных нарушений считали выполнение повторной РК с применением дополнительных надрезов между уже существующими [10] и ревизией старых надрезов с их углублением [11].

Шовная хирургия довольно широко была интегрирована в клиническую практику [12–15]. По мнению М.Б. Саркизовой [9], гиперэффект после РК достигался за счет грубого рубцевания, по этой причине для коррекции гиперметропического сдвига кератотомические надрезы промывали и накладывали на них швы. В основе этого метода лежит активация пролиферации фибробластов, синтеза коллагена, что в конечном счете приводит к заживлению первичным натяжением. Описаны технологии наложения в 7-миллиметровой зоне узловых швов на каждую насечку приблизительно на 75% толщины роговицы [15], погружных узловых швов [14], двойных кисетных швов в 5- и 7-миллиметровых зонах [12], а в качестве шовного материала использовали нейлон 10–0 [15] и мерсилен 11–0 [14]. С.Н. Федоровым и соавт. [16] была запатентована техника коррекции гиперэффекта путем наложения непрерывного циркулярного шва: иглу вкалывают на середине расстояния между двумя насечками, проводят нить на глубине 1/2 толщины стромы роговицы, выполняют

¹ Дискуссионная панель «Выбор метода коррекции рефракционных нарушений после радиальной кератотомии: корректировать или оперировать?». Поле зрения. 2019;5:30–32.

выкол на поверхность роговицы между соседними двумя рубцами, проводя нить над рубцом, и таким образом продолжают шов по всей длине окружности, затягивая его под расчетом кератометра. В наши дни Б.Э. Малюгин и соавт. [17] предложили способ фиксации несостоятельных кератотомических рубцов путем скарификации эпителия в области насечки, раскрытия рубцов и наложения непрерывного П-образного шва.

Консервативные методы коррекции аномалий рефракции после РК включали инстилляцию гипотензивных препаратов с целью снижения ВГД [18] и использование газопроницаемых контактных линз. Использование последних приводило к повышению остроты зрения, однако в отдаленном периоде наблюдали неоваскуляризацию в области надрезов [19]. В качестве еще одного способа докоррекции применяли термокератопластику, суть которой заключалась в нанесении коагулятов между насечками, что позволяло, по мнению автора, увеличить остроту зрения как вдаль, так и на ближнее расстояние [20].

В настоящее время офтальмохирурги применяют множество способов коррекции осложнений после РК. Наиболее часто применяют Femto-LASIK, фоторефракционную кератотомию (ФРК), кросслинкинг, применение интрастромальных роговичных сегментов, имплантацию интраокулярной линзы (ИОЛ), а при выраженных нарушениях роговой оболочки возможно применение сквозной кератопластики, глубокой передней послойной кератопластики [21–28]. Однако у каждой из этих методик есть недостатки.

Первые попытки применения лазерного интрастромального кератомилеза *in situ* с использованием фемтосекундного лазера (Femto-LASIK) не увенчались большими успехами, так как мощность лазера была недостаточной для прорезывания рубцовой ткани, что требовало последующего выполнения механической диссекции, также наблюдали дезадаптацию кератотомических рубцов на этапе подъема клапана. Более того, была выявлена прямая зависимость между количеством насечек и частотой осложнений при формировании клапана. Увеличение энергии лазера и толщины формируемого клапана позволило избежать ряда осложнений в ходе выполнения LASIK [2].

Преимущество ФРК состоит в том, что при применении этой технологии не формируется клапан, при этом данный метод позволяет достичь равномерной абляции как в области кератотомических рубцов, так и в интактной зоне [2]. Однако субэпителиальная фиброплазия, а также высокая вероятность регресса рефракционного эффекта ограничивают эффективность данной методики.

В своей диссертационной работе А.В. Игнатьев [2] предложил применение топографически ориентированного LASIK у пациентов с прозрачным хрусталиком, гиперметропической рефракцией и кератотомическими рубцами без признаков расхождения и врастания эпителия, а у пациентов с катарактой — топографически ориентированной ФРК после факоэмульсификации катаракты с имплантацией ИОЛ.

Представляет интерес работа С.И. Анисимова и соавт. [21], в которой описан кросслинкинг как способ коррекции гиперметропического сдвига. Сущность этого вмешательства заключается в локальном облучении зоны эктазии после предварительной деэпителизации в области насечек, получасовой инстилляции 0,1% раствора рибофлавина

и наложения специальной диафрагм-маски. Данный способ позволяет увеличивать ригидность и прочность роговицы в области эктазии. Однако, по мнению ряда авторов, кросслинкинг не является эффективным методом стабилизации эктатического процесса на глазах после РК и может способствовать прогрессированию биомеханической нестабильности роговицы [22].

В клинической практике описано применение имплантации интрастромальных сегментов по поводу кератоконуса пациентам после РК, в том числе с использованием Femto-LASIK, при этом отмечено улучшение зрительных функций, однако такие работы немногочисленны.

В настоящее время количество пациентов с РК в анамнезе и осложненной катарактой возрастает. Особенности топографии роговицы после РК затрудняют расчеты как сферического, так и торического компонента ИОЛ. Более того, хирурги предлагают способы оптимизации техники операции факоэмульсификации катаракты. MICS-технология подразумевает выполнение роговичного тоннельного разреза между кератотомическими насечками шириной 1,8 и 1,5 мм. В среднем расстояние 0,4 мм от края разреза до насечек безопасно. Если расстояние между насечками недостаточно для выполнения роговичного доступа, то следует отдать предпочтение корнеосклеральному или склеральному доступу, что считается технически более сложным, так как в этом случае возникает необходимость в отсепаровке конъюнктивы, термокоагуляции кровеносных сосудов и шовной герметизации [23, 24].

Е.Н. Пантелеев и соавт. [23] предложили технику выполнения основного разреза с пересечением кератотомических насечек. Низкий риск разрыва рубцов обусловлен тем, что в начале формирования тоннеля угол входа, где отмечается повышенное напряжение, удален от кератотомического рубца на безопасное расстояние, так как острая часть ножа проходит вне зоны рубца, а дальнейшее формирование тоннеля с пересечением рубца не увеличивает напряжение на рубце в связи с тем, что большая часть плоскости лезвия располагается в проекции середины тоннеля.

Впоследствии Х.П. Тахиди [24] модифицировал данный метод. Тоннельный разрез шириной 2,2 мм выполняют таким образом, чтобы насечка располагалась по его середине, при этом начальный вкол ножа локализуется около рубца с дальнейшим смещением плоскости лезвия в сторону рубца. В результате после формирования основного доступа пересеченный рубец располагается в середине верхней стенки тоннеля. Данная технология может быть использована с пересечением более одного кератотомического рубца.

В своей недавней работе Е.К. Цыренжапова [29] описала наиболее часто встречаемые паттерны элевации передней и задней поверхности роговицы после РК по типу «незамкнутое кольцо», «замкнутое кольцо», «иррегулярный», а также различные их комбинации, на основании которых представлены 6 типов топографических посткератотомических деформаций. Выполнение факоэмульсификации катаракты с имплантацией ИОЛ без дополнительных вмешательств возможно при деформациях 1–3 типов. Более детальное обследование, в ряде случаев дополнительное консервативное лечение или выполнение оптико-реконструктивных операций, как правило, необходимы при деформациях 4–6 типов.

В ряде работ сообщается о выполнении сквозной и глубокой передней послойной кератопластики с целью коррекции значимого снижения остроты зрения, возникшей в результате осложнений РК [25, 26].

Основной недостаток трансплантации роговицы после РК — необходимость трансплантации роговицы большого диаметра вследствие большой протяженности кератотомических рубцов. Кроме того, во многих случаях после кератопластики эктазия роговицы прогрессирует, возникают риски васкуляризации и инфекционных осложнений, возможны расхождение швов, помутнение роговицы, реакция отторжения [22]. О.Г. Оганесян и соавт. [22] продемонстрировали результаты трансплантации боуменового слоя после РК на глазах у 2 пациентов. По мнению авторов, в основе данного метода лежит нормализация состояния и биомеханическая стабилизация роговицы путем межтканевого взаимодействия, что приводит к частичному восстановлению анатомии передней поверхности роговицы. Однако стоит отметить, что данная технология технически сложна и на сегодняшний день широкого распространения в практике пока не получила, в связи с чем трудно интерпретировать полученные результаты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Важно понимать технологию РК, ее влияние на роговицу, возможные осложнения в отдаленном послеоперационном периоде и сформировать подход к пациентам, нуждающимся в улучшении остроты зрения после этой операции. Пациентам после РК с развившейся катарактой требуется хирургическое вмешательство, заключающееся в факоэмульсификации катаракты с имплантацией ИОЛ, в ходе которого можно выполнить коррекцию посткератотомических осложнений. Также следует помнить об использовании кераторефракционной хирургии, наложении швов, различных вариациях трансплантации роговицы, имплантации роговичных сегментов. Особенно важно отметить, что на сегодняшний день не существует единого алгоритма; подход к каждому пациенту индивидуален, требует расширенной диагностики для определения оптимального способа коррекции посткератотомического статуса.

Литература / References

1. Colombo-Barboza G.N., Rodrigues P.F., Colombo-Barboza F.D.P. et al. Radial keratotomy: background and how to manage these patients nowadays. *BMC Ophthalmol.* 2024;24(1):9. DOI: 10.1186/s12886-023-03261-0
2. Игнатьев А.В. Дифференцированный подход к коррекции рефракционных нарушений после радиальной кератотомии: автореф. дис. ... канд. мед. наук. М.; 2017. Ignatiev A.V. Differentiated approach to the correction of refractive errors after radial keratotomy: thesis. M.; 2017 (in Russ.).
3. Агафонов С.Г. Оптимизация технологии факоэмульсификации с имплантацией ИОЛ у пациентов после радиальной кератотомии: автореф. дис. ... канд. мед. наук. М.; 2019. Agafonov S.G. Optimization of phacoemulsification technology with IOL implantation in patients after radial keratotomy: thesis. M.; 2019 (in Russ.).
4. Moshirfar M., Ollerton A., Semnani R.T., Hsu M. Radial keratotomy associated endothelial degeneration. *Clin Ophthalmol.* 2012;6:213–218. DOI: 10.2147/OPTH.S28820

5. Ивашина А.И. Хирургическая коррекция близорукости методом передней радиальной кератотомии: дис. ... д-ра мед. наук. М.; 1989. Ivashina A.I. Surgical correction of myopia using anterior radial keratotomy: thesis. M.; 1989 (in Russ.).
6. Хорошилова-Маслова И.П., Андреева В.П., Илатовская Л.В., Кузнецова И.А. Клинико-гистопатологическое исследование энуклеированных глаз с контузионным разрывом роговицы после радиальной кератотомии. *Вестник офтальмологии.* 1998;114(4):3–8. PMID: 9771075
7. Khoroshilova-Maslova I.P., Andreeva L.D., Ilatovskaia L.V., Kuznetsova I.A. Clinical and histopathological examination of enucleated eyes with contusion ruptures of cornea after radial keratotomy. *Vestn Oftalmol.* 1998;114(4):3–8 (in Russ.). PMID: 9771075
7. Пассикова Н.В. Оптимизация хирургического лечения катаракты с имплантацией интраокулярной линзы у больных после передней радиальной кератотомии: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Уфа; 2018. Passikova N.V. Optimization of surgical treatment of cataracts with intraocular lens implantation in patients after anterior radial keratotomy: thesis. Ufa; 2018 (in Russ.).
8. Балашевич Л.И. Хирургическая коррекция аномалий рефракции и аккомодации. СПб.: Человек; 2009. Balashevich L.I. Surgical correction of refractive error and accommodation. St. Petersburg: Person; 2009 (in Russ.).
9. Саркизова М.Б. Эффективность повторной кератотомии: автореф. дис. ... канд. мед. наук. М.; 1985. Sarkizova M.B. The effectiveness of repeated keratotomy: thesis. M.; 1985 (in Russ.).
10. Bores L.D., Myers W., Cowden J. Radial keratotomy: an analysis of the American experience. *Ann Ophthalmol.* 1981;13(8):941–948. PMID: 7294635
11. Salz J.J., Lee T., Jester J.V. et al. Analysis of incision depth following experimental radial keratotomy. *Ophthalmology.* 1983;90(6):655–659. DOI: 10.1016/s0161-6420(83)34503-6
12. Damiano R.E., Forstot S.L. Extreme corneal flattening after radial keratotomy. *Am J Ophthalmol.* 1991;112(6):738. DOI: 10.1016/s0002-9394(14)77291-5
13. Ellis W. Reopening RK incisions modify overcorrections, astigmatism. *Ophthalmology Times.* 1991;16(14):26.
14. Kwitko S., Garbus J.J., McDonnell P.J. Correction of hyperopia following radial keratotomy. *Ophthalmic Surg.* 1991;22(2):115–117. PMID: 2038473
15. Lindquist T.D., Williams P.A., Lindstrom R.L. Surgical treatment of overcorrection following radial keratotomy: evaluation of clinical effectiveness. *Ophthalmic Surg.* 1991;22(1):12–15. PMID: 2014103
16. Федоров С.Н., Медведев И.Б., Милова С.В. и др. Способ хирургической коррекции гиперэфекта после радиальной кератотомии. Патент № 2131239 РФ, МПК А61F 9/013. № 96119339/14; Заявл. 27.09.1996. Оpubл. 10.06.1999. Fedorov S.N., Medvedev I.B., Milova S.V. et al. A method of surgical correction of hypereffect after radial keratotomy. Patent No. 2131239 of the Russian Federation, IPC A61F 9/013. No. 96119339/14; Application No. 27.09.1996. Published on 06/10/1999.
17. Малюгин Б.Э., Белодедова А.В., Гелястанов А.М., Дибина Д.А. Способ фиксации несостоятельных кератотомических рубцов у пациентов в отдаленные сроки после передней радиальной кератотомии. Патент № 2719913 РФ, МПК А61F 9/00, А61F 9/007. № 2019139408. Заявл. 04.12.2019. Оpubл. 23.04.2020. Malyugin B.E., Belodedova A.V., Gelyastanov A.M., Dubina D.A. Method of fixation of untenable keratotomy scars in patients in the long term after anterior radial keratotomy. Patent No. 2719913 of the Russian Federation, IPC A61F 9/00, A61F 9/007. No. 2019139408. Application dated 04.12.2019. Published on 04/23/2020.
18. Aguirre Vila-Coro A., Bonafonte S., Fernandez del Coto J.N. Epithelial inclusion cysts after radial keratotomy. *Ann Ophthalmol.* 1988;20(10):367–370. PMID: 3207305

19. Shivitz I.A., Arrowsmith P.N., Russell B.M. Contact lenses in the treatment of patients with overcorrected radial keratotomy. *Ophthalmology*. 1987;94(8):899–903. DOI: 10.1016/s0161-6420(87)33344-5
20. Горлина Т.Л. Осложнения радиальной кератотомии, их профилактика и лечение: автореф. дис. ... канд. мед. наук. М.; 1993.
- Gorlina T.L. Complications of radial keratotomy, their prevention and treatment: thesis. M.; 1993 (in Russ.).
21. Анисимов С.И., Пожарицкий М.Д., Ларионов Е.В. и др. Первый опыт коррекции прогрессирующего гиперметропического сдвига методом роговичного кроссликинга у пациентов, перенесших в прошлом радиальную кератотомию. *Офтальмология*. 2010;7(4):5–10.
- Anisimov S.I., Pozharitsky M.D., Larionov E.V. et al. The first experience in correcting progressive hypermetropic shift using corneal cross-linking in patients who had undergone radial keratotomy in the past. *Ophthalmology*. 2010;7(4):5–10 (in Russ.).
22. Оганесян О.Г., Ашикова П.М., Иванова А.В. и др. Трансплантация боуменова слоя при биомеханической нестабильности роговицы в поздние сроки после радиальной кератотомии. *Российский офтальмологический журнал*. 2023;16(3):69–74. DOI: 10.21516/2072-0076-2023-16-3-69-74
- Oganessian O.G., Ashikova P.M., Ivanova A.V. et al. Transplantation of the Bowman's layer in cases of biomechanical instability of the cornea after radial keratotomy. *Russian Ophthalmological Journal*. 2023;16(3):69–74 (in Russ.). DOI: 10.21516/2072-0076-2023-16-3-69-74
23. Пантелеев Е.Н., Малюгин Б.Э., Бессарабов А.Н. и др. Проведение роговичного тоннельного разреза у пациентов после радиальной кератотомии при факоэмульсификации. *Современные технологии в офтальмологии*. 2019;5(5):121–124. DOI: 10.25276/2312-4911-2019-5-121-124
- Panteleev E.N., Malyugin, B.E., Bessarabov A.N. et al. Carrying out a corneal tunnel incision in patients after radial keratotomy during phacoemulsification. *Modern technologies in ophthalmology*. 2019;5(5):121–124 (in Russ.). DOI: 10.25276/2312-4911-2019-5-121-124
24. Тахчиди Х.П., Пантелеев Е.Н., Семакина А.С., Афанасова И.В. Формирование роговичного тоннельного разреза с пересечением кератотомических рубцов у пациентов после радиальной кератотомии при факоэмульсификации. *Современные технологии в офтальмологии*. 2021;5(40):94–98. DOI: 10.25276/2312-4911-2021-5-94-98
- Takhchidi Kh.P., Panteleev E.N., Semakina A.S., Afanasova I.V. Formation of a corneal tunnel incision with the intersection of keratotomy scars in patients after radial keratotomy during phacoemulsification. *Modern technologies in ophthalmology*. 2021;5(40):94–98 (in Russ.). DOI: 10.25276/2312-4911-2021-5-94-98
25. Parmley V., Ng J., Gee B. et al. Penetrating keratoplasty after radial keratotomy. A report of six patients. *Ophthalmology*. 1995;102(6):947–950. DOI: 10.1016/s0161-6420(95)30929-3
26. Nagpal R., Sharma N., Bafna R.K. et al. Tuck-in deep anterior lamellar keratoplasty for the management of post-radial keratotomy keratectasia. *J Cataract Refract Surg*. 2022;48(8):937–941. DOI: 10.1097/j.jcrs.0000000000000900
27. Coskunseven E., Kymionis G.D., Bouzoukis D.I. et al. Single intrastromal corneal ring segment implantation using the femtosecond laser after radial keratotomy in a keratoconic patient. *J Cataract Refract Surg*. 2009;35(1):197–199. DOI: 10.1016/j.jcrs.2008.07.037
28. Torquetti L., Ferrara P. Intrastromal corneal ring segment implantation for ectasia after refractive surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2010;36(6):986–990. DOI: 10.1016/j.jcrs.2009.12.034
29. Цыренжапова Е.К. Разработка оптимизированной технологии диагностики деформации роговицы, индуцированной передней радиальной кератотомией: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Иркутск; 2024.
- Tsyrenzhapova E.K. Development of an optimized technology for diagnosing corneal deformation induced by anterior radial keratotomy: thesis. Irkutsk; 2024 (in Russ.).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Петухова Алена Алексеевна — аспирант отдела хирургии хрусталика и интраокулярной коррекции ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова»; 127486, Россия, г. Москва, Бескудниковский б-р, д. 59а; ORCID iD 0000-0002-6829-0855

Копяев Сергей Юрьевич — д.м.н., офтальмолог высшей категории, заведующий отделом хирургии хрусталика и интраокулярной коррекции ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова»; 127486, Россия, г. Москва, Бескудниковский б-р, д. 59а; ORCID iD 0000-0001-5085-6788

Трошина Анна Алексеевна — к.м.н., офтальмолог, научный сотрудник отдела хирургии хрусталика и интраокулярной коррекции ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова»; 127486, Россия, г. Москва, Бескудниковский б-р, д. 59а; ORCID iD 0000-0002-0218-5139

Григорьева Юлия Валериевна — аспирант отдела хирургии хрусталика и интраокулярной коррекции ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова»; 127486, Россия, г. Москва, Бескудниковский б-р, д. 59а; ORCID iD 0000-0001-5075-0772

Контактная информация: Петухова Алена Алексеевна, e-mail: PetukhovaA99@gmail.com

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

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 28.01.2025.

Поступила после рецензирования 20.02.2025.

Принята в печать 17.03.2025.

ABOUT THE AUTHORS:

Alyona A. Petukhova — Postgraduate Student, Department of Lens Surgery and Intraocular Correction, S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 59a, Beskudnikovskii blvd., Moscow, 127486, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-6829-0855

Sergey Yu. Kopyaev — Dr. Sc. (Med.), Board-Certified Ophthalmologist, Head of the Department of Lens Surgery and Intraocular Correction, S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 59a, Beskudnikovskii blvd., Moscow, 127486, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-5085-6788

Anna A. Troshina — C. Sc. (Med.), Ophthalmologist, Scientific Officer, Department of Lens Surgery and Intraocular Correction, S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 59a, Beskudnikovskii blvd., Moscow, 127486, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-0218-5139

Yuliya V. Grigoryeva — Postgraduate Student, Department of Lens Surgery and Intraocular Correction, S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 59a, Beskudnikovskii blvd., Moscow, 127486, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-5075-0772

Contact information: Alyona A. Petukhova, e-mail: PetukhovaA99@gmail.com

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

There is no conflict of interest.

Received 28.01.2025.

Revised 20.02.2025.

Accepted 17.03.2025.

DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-8

Кольцо Зоммеринга как источник проблем отдаленного периода хирургии катаракты (обзор литературы)

Е.А. Рагозина, Е.В. Егорова, О.В. Ермакова, А.О. Диреев

Новосибирский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Новосибирск, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Вторичная катаракта возникает в отдаленном послеоперационном периоде во всех случаях хирургии хрусталика. При этом кольцо Зоммеринга (КЗ) — один из типов регенераторной формы (на сегодняшний день наименее изученной) вторичной катаракты. КЗ может стать неожиданным источником целого ряда проблем позднего послеоперационного периода, таких как синдром «увейт — глаукома — гифема», вторичная глаукома, синдром капсульного блока, также КЗ создает определенные трудности для репозиции комплекса «капсульный мешок хрусталика — интраокулярная линза (ИОЛ)» при его дислокации и замене ИОЛ, сочетанной со вторичной имплантацией линзы в афакичный глаз. Кроме того, в некоторых случаях КЗ маскируется под новообразования радужной оболочки. Данная тема мало освещена в научной литературе, а диагностика и визуализация КЗ вызывают определенные сложности ввиду его расположения за радужной оболочкой. В данном обзоре мы проводим анализ немногочисленных научных публикаций, посвященных КЗ и патологическим состояниям, которые оно вызывает и усугубляет в отдаленном послеоперационном периоде.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: кольцо Зоммеринга, фактоэмульсификация, вторичная катаракта, ультразвуковая биомикроскопия, оптическая когерентная томография переднего отрезка глаза, вторичная глаукома, синдром капсульного блока, синдром «увейт — глаукома — гифема».

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Рагозина Е.А., Егорова Е.В., Ермакова О.В., Диреев А.О. Кольцо Зоммеринга как источник проблем отдаленного периода хирургии катаракты (обзор литературы). Клиническая офтальмология. 2025;25(спецвыпуск):54–59. DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-8

Sommering ring as a source of problems in long-term outcomes of cataract surgery (literature review)

E.A. Ragozina, E.V. Egorova, O.V. Ermakova, A.O. Direev

Novosibirsk Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Novosibirsk, Russian Federation

ABSTRACT

Secondary cataracts always occur in a late postoperative period of lens surgery. At the same time, Sommering ring (SR), a regenerative secondary cataract, is currently considered to be the least studied type of the condition. Meanwhile, SR may be an unexpected source of several problems such as Ellingson syndrome, secondary glaucoma, and capsular block syndrome in the late postoperative period. Also, SR partly confounds "capsular bag — IOL" reposition in case of dislocation, as well as IOL replacement combined with secondary implantation into an aphakic eye. In addition, sometimes SR is "masked" as neoplasms of the iris. The topic is inadequately treated in the scientific literature. What is more, SR is associated with certain diagnostic and imaging difficulties due to its location (i. e., behind the iris). In this review, we analyze few scientific papers devoted to SR, as well as SR-induced and -exacerbated abnormal conditions in the late postoperative period.

KEYWORDS: Sommering ring, phacoemulsification, secondary cataract, ultrasound biomicroscopy, optical coherence tomography of the anterior eye segment, secondary glaucoma, capsular block syndrome, Ellingson syndrome.

FOR CITATION: Ragozina E.A., Egorova E.V., Ermakova O.V., Direev A.O. Sommering ring as a source of problems in long-term outcomes of cataract surgery (literature review). Russian Journal of Clinical Ophthalmology. 2025;25(Special Issue):54–59 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-8

ВВЕДЕНИЕ

Кольцо Зоммеринга (КЗ) — один из типов регенераторной формы вторичной катаракты, возникающей в отдаленном послеоперационном периоде хирургии хрусталика.

Образование КЗ происходит в результате пролиферации остаточных митотически активных герминативных эпителиальных клеток в замкнутом пространстве экватора капсульного мешка в пределах круговой капсулярной спайки [1].

Название КЗ происходит от имени немецкого патологоанатома Д.В. Зоммеринга, который в 1828 г. впервые описал почти невидимую прозрачную кольцеобразную субстанцию на кадаверных глазах людей, при жизни перенесших экстракцию хрусталика [2].

На сегодняшний день не существует клинической классификации КЗ. В 2000 г. D.J. Apple et al. [3] предложили систему оценки КЗ для кадаверных глаз, препарированных с помощью техники Miyake-Apple. Авторы оценивали протяженность по квадрантам и плотность КЗ по 5-балльной шкале (см. таблицу).

В клинической практике диагностика КЗ затруднена ввиду его расположения в «теневой» зоне за радужной оболочкой. При биомикроскопии его обнаружение возможно только при наличии достаточного мидриаза. Основным методом диагностики КЗ является ультразвуковая биомикроскопия (УБМ), при этом кольцо визуализируется как гиперэхогенная структура за радужной оболочкой вокруг края оптической части интраокулярной линзы (ИОЛ). С помощью УБМ возможно проанализировать протяженность КЗ по окружности и толщину КЗ в разных квадрантах, а также оценить взаиморасположение КЗ и близлежащих структур глаза.

Так как КЗ не всегда обнаруживается при осмотре, находится вне оптической зоны и непосредственно не влияет на остроту зрения, его наличие не отражается в клиническом диагнозе в отличие от других форм вторичной катаракты. Однако КЗ может стать источником развития серьезных отдаленных осложнений оперативных вмешательств на хрусталике. Анализ немногочисленных данных литературы позволил выявить несколько состояний, в которых КЗ оказывается ключевым звеном их патогенеза.

1. Дислокация КЗ
 - ♦ изолированная:
 - в переднюю камеру;
 - в заднюю камеру;
 - ♦ в составе комплекса «капсульный мешок хрусталика — ИОЛ».
2. Вторичная глаукома:
 - зрачковый блок;
 - формирование синехий;
 - в сочетании с плоской радужкой.
3. Дифференциальная диагностика с новообразованиями радужки.
4. Синдром «увеит — глаукома — гифема» (УГТ-синдром).
5. Синдром капсульного блока (СКБ).

Дислокация КЗ

Первые упоминания о дислокации КЗ начали появляться в научной литературе с 1910 г. Авторы описывали клинические случаи дислокации КЗ в переднюю камеру у пациентов с афакией [4]. В 1951 г. G.S. Guha [5] были предприняты попытки проанализировать и суммировать основные факторы риска дислокации КЗ, к которым были отнесены молодой возраст, миопия, травма, дегенеративные изменения связочного аппарата или самого КЗ.

Дислокация КЗ в переднюю камеру может снижать остроту зрения пациента при непосредственном закрытии зрачка смещенным КЗ [6]. Кроме того, описаны случаи, когда фрагменты КЗ вызывают обтурацию и раз-

Таблица. Система оценки формирования КЗ по Apple на кадаверных глазах

Table. Scoring system to analyze SR development on cadaver eyes according to Apple

Протяженность КЗ / SR Area		Плотность КЗ / SR Density	
Оценка Score	Описание Description	Оценка Score	Описание Description
0	Отсутствие КЗ / No SR	0	Отсутствие КЗ / No SR
1	1 квадрант / 1 quadrant	1	Минимальная / Minimal
2	2 квадранта / 2 quadrants	2	Умеренная / Mild
3	3 квадранта / 3 quadrants	3	Выраженная / Moderate
4	4 квадранта / 4 quadrants	4	Значительная / Severe

рушение трабекулярной сети и являются источником возникновения вторичной глаукомы [7, 8]. Контакт КЗ с роговичным эндотелием вызывает его декомпенсацию и отек [9, 10].

Также описаны дислокации КЗ в витреальную полость. При этом пациенты предъявляют жалобы на возникновение округлого плавающего помутнения, что можно ошибочно расценить как возникновения кольца Вейса [11, 12]. Дислокация КЗ в заднюю камеру может быть ассоциирована с развитием увеита, невосприимчивого к консервативному лечению без хирургического удаления КЗ как источника воспаления [13].

В наши дни офтальмологи сталкиваются с проблемой поздней дислокации комплекса «ИОЛ — капсульный мешок хрусталика». К основным факторам, вызывающим дислокации, относят прогрессирующий фиброз капсульного мешка, контрактационное воздействие на передний капсулорексис, разрушение зонулярных связей ввиду псевдоэксфолиативного синдрома и т. д. [14]. Нередко можно наблюдать наличие КЗ у данных пациентов, при этом его роль как возможного фактора, усугубляющего разрушение связочного аппарата и утяжеляющего вес комплекса, в литературе не описана.

Кольцо Зоммеринга и глаукома

В публикациях многие авторы используют термин «артифактичная глаукома», к которой относят случаи стойкого повышения внутриглазного давления (ВГД) после экстракции хрусталика и имплантации ИОЛ, при условии отсутствия диагноза «глаукома» в анамнезе пациента и непосредственной вовлеченности ИОЛ, ее положения и других факторов, возникших после хирургического вмешательства. I.T. Ragab et al. [15] провели анализ данных 29 таких пациентов и выявили, что КЗ является ключевым звеном патогенеза артифактичной глаукомы в 10,3% случаев. В литературе описано несколько механизмов повышения ВГД ввиду формирования КЗ.

Зрачковый блок

Зрачковый блок является наиболее частой причиной возникновения закрытоугольной глаукомы после катарактальной хирургии [16]. В 2000 г. H. Kobayashi et al. [17]

впервые описали клинический случай возникновения зрачкового блока на фоне формирования массивного КЗ, препятствующего перемещению внутриглазной жидкости из задней камеры в переднюю ввиду протяженности кольца от ИОЛ до цилиарного тела по всей его окружности и смещения комплекса «КЗ — капсульный мешок — ИОЛ» кпереди. Для снижения ВГД в данном случае пациенту была проведена лазерная иридотомия (ЛИТ) в сочетании с лазерной капсулотомией через иридотомическое отверстие, что способствовало открытию угла передней камеры.

Патогенез образования зрачкового блока также может быть связан с окклюзией зрачка высвободившимся содержимым КЗ. В описанном Y. Suwan et al. [18] подобном клиническом случае на первом этапе лечения авторы применили ЛИТ, после чего произошло моментальное разрешение зрачкового блока. На втором этапе аспирировали хрусталиковые массы из передней камеры.

ОБРАЗОВАНИЕ ПЕРЕДНИХ СИНЕХИЙ

Рост КЗ и смещение им радужки кпереди может привести к возникновению иридокорнеального контакта и формированию передних синехий. В литературе описан клинический случай практически круговой передней синехии на фоне увеличенного в размерах КЗ. При этом авторы отмечают, что место образования передних синехий коррелирует с местами проминенции КЗ [19].

Кольцо Зоммеринга в сочетании с плоской радужкой

F. Kitamura et al. [20] описали клинический случай острого повышения ВГД до 56 мм рт. ст. на левом глазу у пациентки 60 лет через 14 лет после факоэмульсификации катаракты. Изначально у пациентки был диагностирован двухсторонний приступ закрытоугольной глаукомы, который удалось купировать с помощью ЛИТ на правом глазу и который потребовал экстракции хрусталика ввиду неэффективности ЛИТ на левом глазу. На момент осмотра на левом глазу у пациентки было выявлено: отек роговицы, миодриаз, периферическая колобома после ЛИТ, неравномерная глубина передней камеры — глубокая в центральных отделах и мелкая на периферии, кроме того, визуализировалось КЗ по всей окружности ИОЛ. С помощью УБМ визуализировали конфигурацию плоской радужки, смещенную кпереди массивным КЗ, контактирующим с задней поверхностью радужки в условиях расширенного зрачка. Инстилляцией 2% пилокарпина привела к открытию угла передней камеры и снижению ВГД до нормальных значений. Авторы сделали выводы о необходимости тщательного наблюдения пациентов с конфигурацией плоской радужки после факоэмульсификации катаракты при формировании КЗ [20].

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА С НОВООБРАЗОВАНИЯМИ РАДУЖНОЙ ОБОЛОЧКИ

Меланома радужки является редким типом злокачественных новообразований и составляет 3–10% среди всех случаев увеальных меланом. Меланома радужки — это состояние, требующее моментальной диагностики и начала лечения ввиду возможности летального исхода. Однако дифференциальная диагностика между доброкачественными и злокачественными новообразова-

ниями радужки на сегодняшний день остается затруднительной [21].

J.A. Shields et al. [22] провели клиническое исследование, включающее 200 пациентов с различными патологическими состояниями, маскирующимися под новообразования радужной оболочки. C.L. Shields et al. [23] привели список заболеваний, требующих дифференциальной диагностики, в который включены кисты радужки, невус, эссенциальная дистрофия радужки, инородное тело радужки и т. д. КЗ в данном списке не упоминается. Однако в литературе описаны два случая, когда при первичной диагностике выступающий участок радужной оболочки над массивным КЗ был принят за кисту радужки и меланому радужки [24, 25].

Таким образом, КЗ следует рассматривать как возможную причину возникновения проминирующих участков радужки у пациентов, перенесших хирургию хрусталика, и включать в список диагнозов для дифференциальной диагностики со злокачественными новообразованиями.

СИНДРОМ «УВЕИТ — ГЛАУКОМА — ГИФЕМА»

Синдром «увеит — глаукома — гифема» (УГГ-синдром, синдром Эллинсона) впервые описан в 1977 г. F.T. Ellingson [26] и изначально был связан с имплантацией переднекамерных ИОЛ первого поколения. Несмотря на совершенствование конструкции и материалов ИОЛ, хирургической техники, УГГ-синдром является актуальной проблемой и в настоящее время. Патогенез данного состояния связан с возникновением контакта и трением между ИОЛ и радужной оболочкой или цилиарным телом (iris chafing-синдром), приводящим к хронической травматизации увеальной ткани [27].

Изначально считалось, что основной причиной УГГ-синдрома у пациентов с заднекамерными ИОЛ является их внекапсульное расположение. Однако далее было обнаружено, что возможно развитие УГГ-синдрома и при внутрикапсульном положении ИОЛ [28].

Основная клиническая картина характеризуется тремя основными признаками: вялотекущим увеитом, вторичной глаукомой, рецидивирующими гифемами. Кроме того, выделяют УГГ-плюс синдром в случаях присоединения гемофтальма и/или отека макулы [27].

В литературе имеется описание нескольких клинических случаев возникновения УГГ-синдрома, связанного с наличием у пациента выраженного КЗ. При этом механизмы до сих пор остаются не до конца изученными.

Впервые связь КЗ и УГГ-синдрома описана в статье T.K. Bryant et al. [29] на примере пациента с внутрикапсульным расположением ИОЛ и формированием массивного КЗ, смещающего комплекс «ИОЛ — капсульный мешок» кпереди, что вызывало его трение о радужную оболочку и возникновение характерных симптомов.

Подобный механизм возникновения асимметричных разнонаправленных сил, воздействующих на комплекс «ИОЛ — капсульный мешок» ввиду формирования тяжелого и массивного КЗ, упоминается в статье A.A. Sura et al. [30], в которой авторы делают акцент на том, что не всегда возможно визуализировать контакт комплекса «ИОЛ — капсульный мешок» с помощью УБМ. В описанном ими клиническом примере только при эндоскопии с последующим выполнением прямой циклофото-

коагуляции был обнаружен контакт гаптики, находящейся в капсульном мешке, с цилиарным отростком. По мнению авторов, именно КЗ в данном случае было причиной, спровоцировавшей этот контакт.

Имеются данные о возникновении УГГ-синдрома у пациента с трехчастной ИОЛ, гаптические элементы которой были расположены в цилиарной борозде, что допустимо для данной модели ИОЛ. Однако формирование массивного КЗ вызвало смещение ИОЛ относительно плоскости радужки и трение ее оптической части о задний пигментный листок радужной оболочки. В данном случае репозиция ИОЛ с использованием методики "optic capture" способствовала частичному разрешению синдрома (купирование воспаления, но сохранение медикаментозного гипотензивного режима) [31].

В результате своего исследования C.D. Dubois et al. [32] выявили, что КЗ может быть «фундаментом» для воспалительных клеток и появления неоваскуляризации цилиарного тела.

J. Liu et al. [33] высказали предположение о большем риске возникновения УГГ-синдрома при сочетании КЗ с псевдоэкзофалиативным синдромом и/или выраженным фиброзом капсулы.

Синдром капсульного блока

Синдромом капсульного блока называют редкое осложнение хирургии катаракты, связанное с накоплением различного типа жидкого материала внутри капсульного мешка в результате окклюзии отверстия переднего непрерывного кругового капсулорексиса ядром хрусталика (интраоперационно) или оптической частью ИОЛ (в послеоперационном периоде), вследствие чего капсульный мешок растягивается.

В литературе предположение об участии КЗ в патогенезе данного синдрома впервые встречается в описании клинического случая V.C. Ghanem et al. в 2003 г. [34]. Предположение о ведущей значимости дезинтеграции листов капсульного мешка в патогенезе СКБ встречалось в нескольких источниках [35, 36]. В 2024 г. Е.А. Рагозина и соавт. впервые описали обнаруженные в своем исследовании доказательства вовлеченности КЗ. С помощью УБМ были визуализированы локальный прорыв кругового капсульного барьера и частичное разрушение структуры КЗ, которое являлось источником жидкого и твердого содержимого ретрооптического пространства [37].

Заключение

Таким образом, КЗ является недооцененной проблемой отдаленного послеоперационного периода хирургии хрусталика, связанной с возникновением различного типа осложнений, потенциально угрожающих зрению, а также создает сложности при замене ИОЛ, вторичной имплантации в афакичный глаз и репозиции дислоцированного комплекса «капсульный мешок хрусталика — ИОЛ». Так как КЗ формируется в течение длительного времени, данные осложнения возникают через годы и десятилетия после хирургии катаракты, что во многих случаях делает диагноз неочевидным. Диагностика КЗ затруднена ввиду его расположения и возможна только с помощью УБМ. Актуальным является дальнейшее ис-

следование КЗ как источника осложнений, разработка системы оценки, изучение возможности профилактики его возникновения.

Литература / References

1. Торопыгин С.Г., Глушкова Е.В. Вторичные катаракты после внутрикапсульной имплантации интраокулярных линз: патоморфология, патогенез и типы (Сообщение 1). *Российский офтальмологический журнал*. 2017;10(4):105–112. DOI: 10.21516/2072-0076-2017-10-4-105-112
2. Toropygin S.G., Glushkova E.V. Secondary cataracts after in-the-bag intraocular lens implantation: pathomorphology, pathogenesis and types. Part 1. *Russian Ophthalmological Journal*. 2017;10(4):105–112. (in Russ.). DOI: 10.21516/2072-0076-2017-10-4-105-112
3. Soemmering W. Beobachtungen über die organischen Veränderungen des Auges nach Staroperationen: Wilhelm Ludwig Wesché: Frankfurt, Germany; 1828.
4. Apple D.J., Peng Q., Visessook N. et al. Surgical prevention of posterior capsule opacification. Part 1: Progress in eliminating this complication of cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2000;26(2):180–187. DOI: 10.1016/s0886-3350(99)00353-3
5. Arruga A. Spontaneous forward dislocation of Soemmering's ring. *Am J Ophthalmol*. 1953;36(12):1727–1730. DOI: 10.1016/0002-9394(53)90011-7
6. Guha G.S. Soemmering's ring and its dislocations. *Br J Ophthalmol*. 1951;35(4):226–231. DOI: 10.1136/bjo.35.4.226
7. Ozsoy E., Menges D., Ağın A. Dislocated Soemmering's Ring in the Anterior Chamber. *Am J Ophthalmol*. 2024;259:e1. DOI: 10.1016/j.ajo.2023.12.012
8. Auger R., Garcin T. Collapsed Soemmering's ring. *J Fr Ophtalmol*. 2022;45(4):490–491. DOI: 10.1016/j.jfo.2021.09.019
9. Akal A., Göncü T., Yuvaci I. et al. Pupil occlusion due to a large dislocated Soemmering ring in an aphakic eye. *Int Ophthalmol*. 2014;34(1):121–124. DOI: 10.1007/s10792-013-9745-3
10. Safran J.P., Nataneli N., Vazirani J. et al. Corneal edema associated with degenerating Soemmering ring cataract: Clinical-pathologic correlation. *Am J Ophthalmol Case Rep*. 2022;28:101738. DOI: 10.1016/j.ajoc.2022.101738
11. Peck T., Aggarwal S., Johnson S. Persistent Corneal Decompensation due to Anterior Dislocation of Soemmering Ring Cataract. *Case Rep Ophthalmol Med*. 2017;2017:4672107. DOI: 10.1155/2017/4672107
12. Nag A., Bhende M. Dislocated Soemmering Ring in a Myopic Eye. *Ophthalmol Retina*. 2021;5(6):510. DOI: 10.1016/j.oret.2021.03.002
13. Mendoza-Moreira A.L., Figuerola-García M.B., Belda-Márquez J. et al. Spontaneous Posterior Dislocation of Soemmering Ring 34 Years after Cataract Surgery. *Klin Monbl Augenheilkd*. 2022;239(3):302–303. DOI: 10.1055/a-1648-4928
14. Weinand F., Lazar M., Pavlovic S. Phakogene Uveitis bei Luxation des Soemmering'schen Nachstarwulstes in den Glaskörper 63 Jahre nach Kataraktoperation Phacogenic uveitis with luxation of of Soemmering's ring formation in the vitreous body 63 years after cataract surgery (in German). *Klin Monbl Augenheilkd*. 2004;221(4):277–279. DOI: 10.1055/s-2004-813002
15. Иванов Д.И., Никитин В.Н. Хирургическое лечение пациентов с дислокацией комплекса «ИОЛ — фиброзированный капсульный мешок». *Офтальмология*. 2022;19(2):307–317. DOI: 10.18008/1816-5095-2022-2-307-317
16. Ivanov D.I., Nikitin V.N. Surgical Treatment of Patients with Dislocation of IOL — Fibrosed Capsule Bag Complexes. *Ophthalmology in Russia*. 2022;19(2):307–317 (in Russ.). DOI: 10.18008/1816-5095-2022-2-307-317

15. Ragab I.T., Abdelkader A.M.E., Kishk H.M., Elshal A.A. Assessment of Post-Operative Pseudophakic Glaucoma by Ultrasound Biomicroscopy. *Clin Ophthalmol.* 2020;14:1495–1501. DOI: 10.2147/OPTH.S255626
16. Tomey K.F., Traverso C.E. The glaucomas in aphakia and pseudophakia. *Surv Ophthalmol.* 1991;36(2):79–112. DOI: 10.1016/0039-6257(91)90124-x
17. Kobayashi H., Hirose M., Kobayashi K. Ultrasound biomicroscopic analysis of pseudophakic pupillary block glaucoma induced by Soemmering's ring. *Br J Ophthalmol.* 2000;84(10):1142–1146. DOI: 10.1136/bjo.84.10.1142
18. Suwan Y., Purevdorj B., Teekhasaene C. et al. Pseudophakic angle-closure from a Soemmering ring. *BMC Ophthalmol.* 2016;16:91. DOI: 10.1186/s12886-016-0257-6
19. Kung Y., Park S.C., Liebmann J.M., Ritch R. Progressive synechial angle closure from an enlarging Soemmering ring. *Arch Ophthalmol.* 2011;129(12):1631–1632. DOI: 10.1001/archophthalmol.2011.344
20. Kitamura F., Inoue T., Kuroda U., Tanihara H. Angle closure caused by a plateau-like iris associated with an enlarged Soemmering's ring: a case report. *BMC Ophthalmol.* 2016;16(1):49. DOI: 10.1186/s12886-016-0226-0
21. Shields C.L., Shields P.W., Manalac J. et al. Review of cystic and solid tumors of the iris. *Oman J Ophthalmol.* 2013;6(3):159–164. DOI: 10.4103/0974-620X.122269
22. Shields J.A., Sanborn G.E., Augsburger J.J. The differential diagnosis of malignant melanoma of the iris: a clinical study of 200 patients. *Ophthalmology.* 1983;90(6):716–720. DOI: 10.1016/S0161-6420(83)34500-0
23. Shields C.L., Kancherla S., Patel J. et al. Clinical survey of 3680 iris tumors based on patient age at presentation. *Ophthalmology.* 2012;119(2):407–414. DOI: 10.1016/j.ophtha.2011.07.059
24. Watts A.R., Rennie I.G. Soemmering's ring presenting as an iris tumour. *Eye (Lond).* 1998;12:1021–1023. DOI: 10.1038/eye.1998.264
25. Masoomian B., Saatchi M., Ghassemi F. et al. Angle Closure Glaucoma Secondary to Enlarged Soemmering Ring That is Clinically Similar to Iris Tumour. *Int Med Case Rep J.* 2020;13:327–330. DOI: 10.2147/IMCRJ.S263299
26. Ellingson F.T. Complications with the Choyce Mark 7 anterior chamber lens implant (uveitis- glaucoma- hyphema). *J Amer Intraocul Implant Soc.* 1977;3:199–201.
27. Ramakrishnan M.S., Wald K.J. Current Concepts of the Uveitis-Glaucoma-Hyphema (UGH) Syndrome. *Curr Eye Res.* 2023;48(6):529–535. DOI: 10.1080/02713683.2022.2156547
28. Zhang L., Hood C.T., Vrabec J.P. et al. Mechanisms for in-the-bag uveitis-glaucoma-hyphema syndrome. *J Cataract Refract Surg.* 2014;40(3):490–492. DOI: 10.1016/j.jcrs.2013.12.002
29. Bryant T.K., Feinberg E.E., Peeler C.E. Uveitis-glaucoma-hyphema syndrome secondary to a Soemmering ring. *J Cataract Refract Surg.* 2017;43(7):985–987. DOI: 10.1016/j.jcrs.2017.07.002
30. Sura A.A., Reddy A.K., Babic K. et al. Occult cause of uveitis-glaucoma-hyphema syndrome diagnosed during treatment with endocyclophotocoagulation (ECP). *Am J Ophthalmol Case Rep.* 2022;26:101537. DOI: 10.1016/j.ajoc.2022.101537
31. Cheung A.Y., Price J.M., Hart J.C.Jr. Late-onset uveitis-glaucoma-hyphema syndrome caused by Soemmering ring cataract. *Can J Ophthalmol.* 2019;54(4):445–450. DOI: 10.1016/j.cjco.2018.09.001
32. Dubois C.D., Yuan P.H.S., Durr G.M. Management of Uveitis-Glaucoma-Hyphema Syndrome Caused by Soemmering Ring Cataract: Case Report and Literature Review. *Case Rep Ophthalmol.* 2023;14(1):698–705. DOI: 10.1159/000534105
33. Liu J., Szigiato A., Matsumoto R., Harasymowycz P. Uveitis-glaucoma-hyphema syndrome secondary to an in-the-bag intraocular lens with capsular fibrosis: The perfect storm. *Indian Journal of Ophthalmology.* 2022;2(3):670–672. DOI: 10.4103/ijjo.IJO_2038_21
34. Ghanem V.C., Ghanem E.A. Sudden decrease in vision caused by liquefied after-cataract. *J Cataract Refract Surg.* 2003;29(1):210–212. DOI: 10.1016/s0886-3350(02)01358-5
35. Wang J.C., Cruz J. Late postoperative capsular block syndrome: entrapment of liquefied after-cataract by capsular bend. *J Cataract Refract Surg.* 2005;31(3):630–632. DOI: 10.1016/j.jcrs.2004.06.054
- Власенко А.В., Копяев С.Ю., Верзин А.А. и др. Синдром капсульного блока после факоэмульсификации катаракты. *Вестник офтальмологии.* 2019;135(4):86–97. DOI: 10.17116/oftalma201913504186
- Власенко А.В., Копяев С.Ю., Верзин А.А. et al. Late capsular block syndrome. *Russian Annals of Ophthalmology.* 2019;135(4):86–97 (in Russ.). DOI: 10.17116/oftalma201913504186
36. Рагозина Е.А., Егорова Е.В., Ермакова О.В., Черепанова Д.Л. Синдром капсульного блока в позднем послеоперационном периоде. *Офтальмохирургия.* 2024;4(142):6–13. DOI: 10.25276/0235-4160-2024-4-6-13
- Рогозина Е.А., Егорова Е.В., Ермакова О.В., Черепанова Д.Л. Capsular block syndrome in the late postoperative period. *Ophthalmosurgery.* 2024;4(142):6–13 (in Russ.). DOI: 10.25276/0235-4160-2024-4-6-13

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Рагозина Екатерина Александровна — врач-офтальмолог 2-го офтальмологического отделения Новосибирского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 630096, Россия, г. Новосибирск, ул. Колхидская, д. 10; ORCID iD 0000-0002-6980-4563

Егорова Елена Владиленовна — д.м.н., заместитель директора по лечебной работе Новосибирского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 630096, Россия, г. Новосибирск, ул. Колхидская, д. 10; ORCID iD 0000-0002-2901-0902

Ермакова Ольга Викторовна — к.м.н., заведующая 2-м офтальмологическим отделением Новосибирского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 630096, Россия, г. Новосибирск, ул. Колхидская, д. 10; ORCID iD 0000-0003-0427-1564

Диреев Артем Олегович — к.м.н., врач-офтальмолог 2-го офтальмологического отделения Новосибирского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 630096, Россия, г. Новосибирск, ул. Колхидская, д. 10; ORCID iD 0000-0003-3801-6844

Контактная информация: Рагозина Екатерина Александровна, e-mail: kate_r08@mail.ru

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

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 13.11.2024.

Поступила после рецензирования 06.12.2024.

Принята в печать 24.12.2024.

ABOUT THE AUTHORS:

Ekaterina A. Ragoza — Ophthalmologist of the Ophthalmological Department No. 2, Novosibirsk Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 10, Kolkhidskaya str., Novosibirsk, 630096, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-6980-4563

Elena V. Egorova — Dr. Sc. (Med.), Deputy Director for Clinical Care, Novosibirsk Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 10, Kolkhidskaya str., Novosibirsk, 630096, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-2901-0902

Olga V. Ermakova — C. Sc. (Med.), Head of the Ophthalmological Department No. 2, Novosibirsk Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 10, Kolkhidskaya str., Novosibirsk, 630096, Russian Federation; ORCID iD 0000-0003-0427-1564

Artyom O. Direev — C. Sc. (Med.), Ophthalmologist of the Ophthalmological Department No. 2, Novosibirsk Branch

of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 10, Kolkhidskaya str., Novosibirsk, 630096, Russian Federation; ORCID iD 0000-0003-3801-6844

Contact information: Ekaterina A. Ragozina, e-mail: kate_r08@mail.ru

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

There is no **conflict of interest**.

Received 13.11.2024.

Revised 06.12.2024.

Accepted 24.12.2024.

DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-9

Оптическая когерентная томография в дифференциальной диагностике открытоугольной глаукомы и неартериитной ишемической оптической нейропатии

С.И. Жукова, Д.Ю. Самсонов, Т.В. Прозорова

Иркутский филиал ФГАУ «НМИЦ» МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Иркутск, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: выявить по данным оптической когерентной томографии (ОКТ) маркеры структурных повреждений сетчатки и зрительного нерва при глаукомной оптической нейропатии (ГОН) и перенесенной неартериитной передней ишемической оптической нейропатии (НАПИОН).

Материал и методы: стандартное офтальмологическое обследование с использованием стандартной автоматизированной периметрии и ОКТ проведено 22 пациентам (возраст от 39 до 67 лет) с ГОН и 16 пациентам (возраст от 47 до 65 лет) с НАПИОН, перенесенной не ранее 6 мес. до включения в исследование. На ОКТ кроме количественных показателей толщины макулярного ганглиозного комплекса сетчатки (ГКС) и перипапиллярного слоя нервных волокон сетчатки (СНВС) оценивали локализацию, форму и однородность дефектов поврежденных аксонов ганглиозных клеток сетчатки, используя вероятностные карты.

Результаты исследования: у пациентов с ГОН выявлено статистически значимое истончение СНВС перипапиллярной сетчатки в нижнем и нижнетемпоральном сегментах, истончение преламинарной части диска зрительного нерва (ДЗН) и решетчатой мембраны, характерные дефекты СНВС клиновидной формы, парафовеальные аркуатные дефекты ГКС. Гетерогенная окраска дефектов характеризует процесс, растянутый во времени, и определяет направление прогрессии.

Для пациентов с НАПИОН характерны: более выраженная потеря световой чувствительности (MD), меньшая площадь ДЗН, отсутствие деформации решетчатой мембраны ДЗН. Ишемические дефекты СНВС диффузные, чаще выявляются в верхненазальном секторе. Дефекты ГКС горизонтально ориентированы. Монохромная окраска дефектов большей площади характеризует одномоментную гибель большего числа аксонов.

Заключение: оценка локализации, площади, формы и глубины дефектов аксонов ганглиозных клеток в рутинной клинической практике сетчатки расширяет возможности ОКТ в дифференциальной диагностике оптических нейропатий глаукомного и неглаукомного генеза.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: оптическая когерентная томография, неартериитная ишемическая оптическая нейропатия, перипапиллярный слой нервных волокон сетчатки, макулярный ганглиозный комплекс, глаукомная ишемическая нейрооптикопатия.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Жукова С.И., Самсонов Д.Ю., Прозорова Т.В. Оптическая когерентная томография в дифференциальной диагностике открытоугольной глаукомы и неартериитной ишемической оптической нейропатии. Клиническая офтальмология. 2025;25(спецвыпуск):60–66. DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-9

Optical coherence tomography in differential diagnosis of open-angle glaucoma and non-arteritic ischemic optical neuropathy

S.I. Zhukova, D.Yu. Samsonov, T.V. Prozorova

Irkutsk Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Irkutsk, Russian Federation

ABSTRACT

Aim: to identify markers of structural damage to the retina and optic nerve associated with glaucoma optical neuropathy (GON) and a history of non-arteritic anterior ischemic optical neuropathy (NAAION) by optical coherence tomography (OCT).

Materials and Methods: 22 GON patients (age: 39–67 years) and 16 patients (age: 47–65 years) with a history of NAAION (≥ 6 months before the enrollment) underwent a routine ophthalmic examination by standard automated perimetry and OCT. In addition to quantitative indicators of thickness of the macular ganglion cell complex (GCC) and the peripapillary retinal nerve fiber layer (RNFL), localization, shape and uniformity of defects of damaged axons in retinal ganglion cells were evaluated with probability maps on OCT images.

Results: significant thinning of the peripapillary RNFL in the lower and lower temporal segments, thinning of the prelaminar part of the optical disc (OD) and the lamina cribrosa, as well as specific wedge-shaped RNFL defects and parafoveal arcuate GCC defects were detected in patients with GON. Heterogeneous coloration of defects characterizes a time-stretched process and determines the progression direction.

More pronounced loss of light sensitivity (MD), smaller OD area, and absence of lamina cribrosa deformation are typical for patients with NAAION. Ischemic RNFL defects are diffuse, and they are more common in the upper basal segment. The GCC defects are horizontally oriented. The larger area and monochrome coloration of defects indicates simultaneous death of a larger number of axons.

Conclusion: assessment of localization, area, shape and depth of ganglion cell axon in routine retinal clinical practice promotes OCT opportunities in differential diagnosis of optical glaucoma and non-glaucoma neuropathies.

KEYWORDS: optical coherence tomography, non-arteritic ischemic optical neuropathy, peripapillary retinal nerve fiber layer, macular ganglion cell complex, glaucoma ischemic optic neuropathy.

FOR CITATION: Zhukova S.I., Samsonov D.Yu., Prozorova T.V. Optical coherence tomography in differential diagnosis of open-angle glaucoma and non-arteritic ischemic optical neuropathy. *Russian Journal of Clinical Ophthalmology*. 2025;25(Special Issue):60–66 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-9

ВВЕДЕНИЕ

Глаукомная оптическая нейропатия (ГОН) и неартеритная передняя ишемическая оптическая нейропатия (НАПИОН) являются основными причинами необратимого снижения зрительных функций у лиц среднего и пожилого возраста, оставаясь серьезной медицинской и социальной проблемой [1, 2].

Структурные изменения диска зрительного нерва (ДЗН) и аксонов ганглиозных клеток сетчатки являются основными клиническими показателями тяжести обоих заболеваний.

При глаукоме прогрессирующее ретроградное повреждение аксонов ганглиозных клеток сетчатки инициировано в головке зрительного нерва и ассоциировано с острым и/или хроническим повышением внутриглазного давления (ВГД) [3]. Основным местом повреждения аксонов является решетчатая мембрана, ремоделирование которой происходит в результате увеличения трансмембранного градиента давления. В результате этого развивается папиллярная гипоперфузия с последующей гибелью волокон зрительного нерва. Эти изменения могут формироваться при повышении ВГД, низком перфузионном давлении и/или низком давлении спинномозговой жидкости [4–6]. Изменения при ГОН необратимы, но при своевременной диагностике и лечении могут быть предотвращены или замедлены.

Этиология и патофизиология НАПИОН остаются дискутабельными [7–9]. Тем не менее общепризнано, что основная причина заболевания — транзиторная неперфузия и гипоперфузия коротких задних цилиарных артерий, головки зрительного нерва у лиц среднего и пожилого возраста [10, 11]. При воздействии местных и системных

факторов риска возникают субклиническая ишемия и гипоксия головки зрительного нерва, нарушение аксоплазматического транспорта в волокнах зрительного нерва, аксональный отек, компрессия капилляров, развитие клинически значимой ишемии [12–14].

Диагностика в острой фазе заболевания при безболезненной потере зрения в течение нескольких часов или дней, отеке ДЗН не вызывают трудностей. Атрофия зрительного нерва (секторальная или диффузная) развивается спустя 1,5–3 мес., картина потери перипапиллярного слоя нервных волокон сетчатки (СНВС) и дефектов поля зрения может быть сходной с изменениями при глаукоме (рис. 1) [8, 15]. Эффективные методы лечения НАПИОН отсутствуют. Терапия заболевания сводится к выявлению и курации системных факторов риска сосудистых нарушений с целью предотвращения рецидивов и развития острой ишемии на парном глазу [16].

Сложности верификации НАПИОН и ГОН возникают при атипичных или незначительных изменениях ДЗН и неизвестном анамнезе [15, 17].

Вместе с тем недостаточная перфузия ДЗН может быть независимым фактором в патогенезе ГОН при коморбидных состояниях у возрастных пациентов, усугубляя выраженность структурно-функциональных изменений. В свою очередь, трудности диагностики могут быть сопряжены с ошибочно выбранной тактикой ведения таких пациентов.

Учитывая, что заболевания с различными патогенетическими механизмами и принципиально различными подходами к терапии могут характеризоваться сходными структурно-функциональными изменениями, вопрос их дифференциальной диагностики остается актуаль-

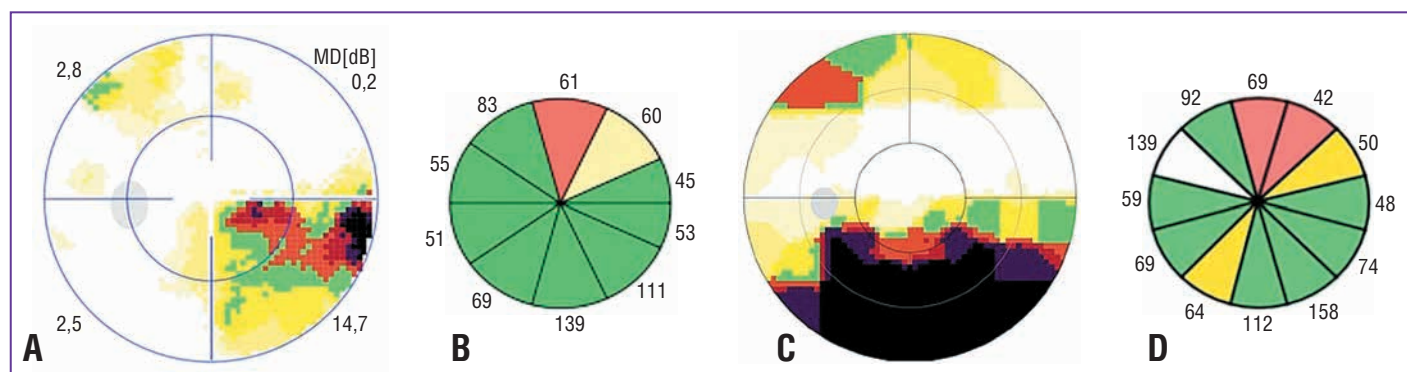


Рис. 1. Периметрические дефекты (цветовая шкала) (А, С) и секторальные диаграммы толщины перипапиллярного слоя нервных волокон (В, D) у пациента с ГОН (А, В) и пациента с НАПИОН (С, D), перенесенной 11 лет назад

Fig. 1. Perimetric defects (color scale) (A, C) and sectoral diagrams of thickness of the peripapillary nerve fibers layer in a patient with glaucoma optic neuropathy (A, B) and in a patient with a history of NAAION (11 years ago) (C, D)

ным. Для использования в рутинной клинической практике требуется скрининговый универсальный метод объективной оценки биомаркеров нейродегенеративных заболеваний различного генеза.

Оптическая когерентная томография (ОКТ) признана основным методом диагностики структурных изменений сетчатки и зрительного нерва. Неинвазивность, высокая воспроизводимость определяют ценность метода как для рутинной клинической практики, так и для исследовательских целей.

Цель исследования: выявить ОКТ-маркеры структурных повреждений сетчатки и зрительного нерва при ГОН и перенесенной НАПИОН.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В ходе проспективного исследования обследовано 22 пациента (возраст от 39 до 67 лет) с клинически значимой первичной открытоугольной глаукомой и 16 пациентов с НАПИОН, перенесенной не ранее 6 мес. до включения в исследование (возраст от 47 до 65 лет).

Для включения в исследование были отобраны пациенты с максимальной скорректированной остротой зрения не ниже 0,4, прозрачными оптическими средами, длиной переднезадней оси глаза не более 25 мм, сферической рефракцией не более ± 5 дптр или астигматизмом не более ± 3 дптр без предшествующих хирургических вмешательств. Всем пациентам было проведено стандартное офтальмологическое обследование: визометрия, рефрактометрия, биометрия, тонометрия по Маклакову, гониоскопия, стандартная автоматизированная периметрия, ОКТ.

Диагноз ГОН основывался на данных комплексного офтальмологического обследования (эпизоды оптического перитензии, асимметрия угла передней камеры, экскавация ДЗН с истончением нейроретинального пояса в верхнем и нижнем секторах, периметрические дефекты) с учетом данных ОКТ. В исследование включены пациенты со II стадией глаукомы. При двустороннем поражении в статистическую выборку был включен только 1 глаз.

Неартериальная передняя ишемическая оптическая нейропатия была диагностирована с учетом характерного анамнеза (предшествующие острые безболезненные эпизоды снижения зрения), клинических признаков (отечный ДЗН в острой стадии, сегментарная атрофия или бледность ДЗН, соответствующие периметрические дефекты). Для исключения нисходящей атрофии зрительного нерва вследствие интракраниального поражения всем пациентам проведена магнитно-резонансная томография. У 5 пациентов с учетом анамнестических данных и данных истории болезни НАПИОН была диагностирована на обоих глазах. Период возникновения симптоматики на парном глазу варьировал от 1,5 года до 11 лет. При двустороннем поражении в исследование был включен лучший глаз.

Для тестирования поля зрения использовали ТОР-стратегию (tendency-oriented perimetry) пороговой оценки светочувствительности сетчатки в центральной зоне (30°), позволяющую оценить потерю светочувствительности сетчатки, глубину и форму дефектов, обусловленных заболеванием (Otopus 900, Haag-Streit AG, Швейцария). При сравнении двух групп использовали средний дефект — среднюю потерю светочувствительности (MD — mean defect).

Оптическую когерентную томографию проводили на спектральном томографе Optopol Revo NX (Optopol technology, Польша). Выполняли стандартное сканирование макулы и ДЗН (по протоколам 3D macula 8 мм, 3D disc 6 мм). Полученные результаты интерпретировали, используя встроенные алгоритмы и инструменты анализа: анализ макулярной области для исключения патологических изменений; анализ макулярного ганглиозного комплекса сетчатки (ГКС); анализ ДЗН и перипапиллярной сетчатки, включая оценку толщины СНВС. Анализировали протоколы с уровнем сигнала не менее 60%, отсутствием артефактов, вызванных движением глаз, морганием, плохой центрацией или ошибками сегментации. Для анализа формировали комбинированные протоколы и оценивали: параметры ДЗН (площадь диска, толщина преламинарной части и решетчатой мембраны); толщину перипапиллярного СНВС в 8 сегментах (верхний, нижний, назальный, темпоральный, верхненазальный, верхнетемпоральный, нижненазальный, нижнетемпоральный), включая средний показатель; толщину макулярного ГКС (верхняя и нижняя полусферы, средний показатель).

Кроме количественных показателей толщины макулярного ГКС и перипапиллярного СНВС оценивали форму дефектов поврежденных аксонов ганглиозных клеток сетчатки, используя вероятностные карты (signification map). Карты формируются автоматически путем преобразования карт толщины СНВС и ГКС при сравнении значений конкретного пациента с референтными значениями встроенной нормативной базы данных (соответствующей возрастной группы, этнической и половой принадлежности). В макулярной области анализировали изменения трех внутренних слоев сетчатки: СНВС (nerve fiber layer — NFL), слоя ганглиозных клеток (Ganglion cell layer — GCL), внутреннего плексиформного слоя (inner plexiform layer — IPL) (NFL + GCL + IPL significant), перипапиллярно — СНВС (NFL significant). Оценивали локализацию дефектов и их однородность. Цвет карт вероятностей определяет уровень значимости отклонений от референтных значений со шкалой от желтого ($p > 0,1$) до красного ($p < 0,001$).

Статистический анализ проводили с использованием программы StatTech v. 4.6.1 (разработчик ООО «Статтех», Россия). Количественные показатели оценивали на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Шапиро — Уилка. Количественные показатели, имеющие нормальное распределение, описывали с помощью средних арифметических величин (M) и стандартных отклонений (SD), границ 95% доверительного интервала (95% ДИ). В случае отсутствия нормального распределения количественные данные описывались с помощью медианы (Me) и интерквартильного интервала [IQR]. Сравнение двух групп по количественному показателю, имеющему нормальное распределение, при условии равенства дисперсий выполняли с помощью t-критерия Стьюдента, при неравных дисперсиях — с помощью t-критерия Уэлча. Сравнение двух групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, выполнялось с помощью U-критерия Манна — Уитни. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Группы были сопоставимы по полу (М/Ж: 9/13 — ГОН, 9/7 — НАПИОН), возрасту ($57,88 \pm 6,99$ и $55,00 \pm 5,46$ года

Таблица. Структурно-функциональные показатели пациентов групп исследования**Table.** Structural and functional parameters in the glaucoma and ischemia groups

Показатель / Parameter	ГОН / GON (n=22)	НАПИОН / NAAION (n=16)	p
Параметры ДЗН / OD parameters			
Площадь, мм ² / Area, mm ²	2,15±0,29	1,88±0,23	0,007
Толщина преламинарной части, мкм / Thickness of prelaminar part, μm	77,00 [61,00–106,00]	222,00 [191,50–283,50]	<0,001
Толщина решетчатой мембраны, мкм / Thickness of lamina cribrosa, μm	196,05±42,72	235,62±47,96	0,011
Толщина перипапиллярного СНВС / Thickness of peripapillary RNFL			
Среднее значение, мкм / Mean, μm	77,06±7,71	78,20±10,05	0,719
Нижний сектор, мкм / Lower segment, μm	75,65±10,19	93,33±20,96	0,008
Верхний сектор, мкм / Upper segment, μm	81,00 [75,00–107,00]	67,00 [63,00–94,00]	0,038
Верхненазальный сектор, мкм / Upper nasal segment, μm	86,35±19,41	76,37±96,33	0,029
Нижнетемпоральный сектор, мкм / Lower temporal segment, μm	69,35±9,66	100,47±27,80	<0,001
Средняя потеря светочувствительности / Mean loss of light sensitivity	6,80±2,24	11,27±3,94	0,037

Примечание. В зависимости от характера распределения значений показателей данные представлены как M±SD или Me [IQR].

Note. Depending on distribution of the parameter values, the data are expressed as M±SD or Me [IQR].

соответственно), длине глаза (23,9 [23,8–24,8] и 23,9 [2,95–24,65] мм соответственно).

Не было выявлено достоверных различий толщины показателя перипапиллярного СНВС (среднего, в назальном и темпоральном квадрантах), толщины макулярного ГКС (среднего, верхней и нижней полусфер), толщины хориоидеи.

Вместе с тем у пациентов с глаукомой выявлено статистически значимое истончение СНВС перипапиллярной сетчатки в нижнем и нижнетемпоральном сегментах с минимальными значениями в нижнетемпоральном секторе, истончение преламинарной части ДЗН и решетчатой мембраны (см. таблицу).

Для пациентов с ишемией характерны меньшая площадь ДЗН, более выраженная потеря световой чувствительности (MD). СНВС наиболее уязвим в верхненазальном сегменте (см. таблицу). Глубокие друзы ДЗН выявлены у 3 пациентов.

Анализ карт вероятности продемонстрировал, что локальные дефекты СНВС и ГКС могут быть не только локализованы, но и оценены по форме, площади и однородности. Выявлена вариабельность дефектов с характерными признаками для обеих нозологий.

Для дефектов перипапиллярного СНВС при глаукоме характерна клиновидная форма. Продолжением дефектов СНВС являются парафовеальные аркуатные дефекты макулярного ГКС (рис. 2). Окраска дефекта неоднородная — по оси дуги в центре преобладает красное окрашивание, по краю участки желтого цвета.

Выявленные дефекты СНВС при ишемии диффузные, занимают практически всю площадь перипапиллярной сетчатки между сосудистыми аркадами. В отличие от глаукомных, дефекты ГКС горизонтально ориентированы. Преобладает монохромно красный цвет дефектов с четко очерченными узкими границами желтого цвета (рис. 3).

Таким образом, анализ карт вероятных отклонений структурных показателей от нормы, лежащий в основе полученных изображений, расширяет потенциал ОКТ.

ОБСУЖДЕНИЕ

Истончение СНВС не является специфичным для глаукомы и может быть выявлено при различных неглаукомных оптических нейропатиях.

С учетом того, что топография выявленных дефектов согласуется с топографией нервных волокон сетчатки и уровнем инициации патологического процесса, понимание закономерностей повреждений, выявленных с помощью ОКТ, позволяет предположить патогенез выявленных изменений.

Так, прямое ретроградное повреждение аксонов ганглиозных клеток сетчатки при глаукоме инициировано в головке зрительного нерва механической компрессией при колебании ВГД. Выявленные в настоящем исследовании зоны уязвимости соответствуют выводам D.C. Hood et al. [18, 19]. Дезорганизация и нарушение архитектоники решетчатой мембраны зрительного нерва при глаукоме являются признаками ее ремоделирования и приводят к истончению преламиллярной ткани при гибели аксонов [20]. Гетерогенная окраска выявленных дефектов на ранних стадиях заболевания (красные участки в центре, желтые по периферии) характеризует процесс, растянутый во времени, и определяет направление прогрессии.

Меньшая площадь ДЗН и размер экскавации рассматриваются как один из факторов риска развития НАПИОН [20–23]. Авторами доказано, что при одинаковой площади отверстия мембраны Бруха и глубине залегания решетчатой мембраны средняя толщина преламинарной ткани у пациентов с НАПИОН больше, чем в группе здоровых лиц.

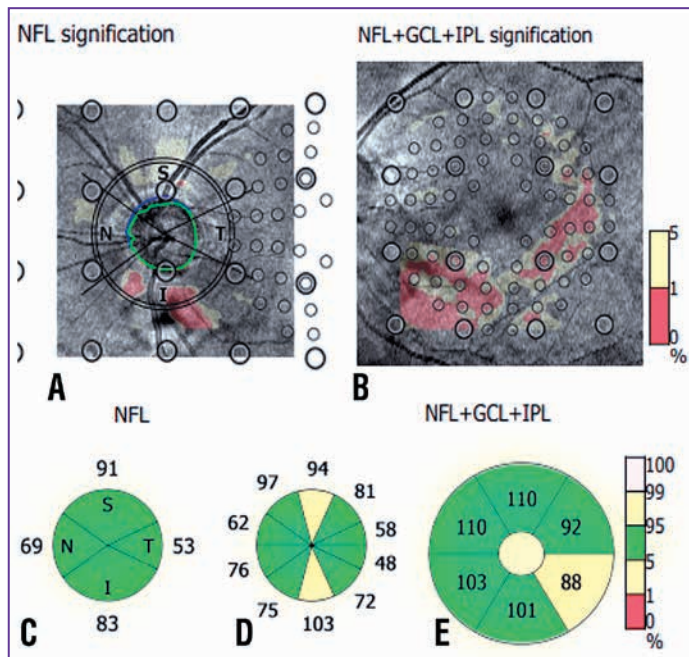


Рис. 2. Фрагмент стандартного комбинированного протокола левого глаза пациента с глаукомой (карта вероятности отклонений показателей толщины перипапиллярного СНВС пациента от референтных значений (А); карта вероятности отклонений показателей толщины макулярного ГКС (В); диаграммы показателей толщины СНВС в 4 квадрантах (С) и 8 секторах (D); диаграмма толщины макулярного ГКС в 6 секторах (Е)).

Определяются локальные дефекты (незначительное отклонение от референтных значений в пределах 5%) СНВС в верхнем и нижнетемпоральном сегментах, макулярного ГКС — в нижней полусфере. Вместе с тем результаты количественного анализа, отраженные на картах вероятности, позволяют более отчетливо визуализировать выявленные дефекты. Дефект СНВС берет начало от нижнетемпорального края ДЗН, имеет клиновидную форму, преимущественно розовое окрашивание, веерообразно расширяется по направлению к макуле. Окраска дефекта неоднородная — по оси дуги в центре преобладает красное окрашивание, по краю участки желтого цвета

Fig. 2. A fragment of the standard combined protocol of the left eye of a patient with glaucoma (a probability map of deviations in peripapillary RNFL thickness from the reference values (A); a probability map of deviations in macular GCC thickness (B); RNFL thickness parameter diagrams in 4 quadrants (C) and 8 segments (D); macular GCC thickness parameter diagram in 6 segments (E)).

Local defects (i.e., minor deviation $\pm 5\%$ from the reference values) of the RNFL and macular GCC are detected in the upper + lower temporal segments and in the lower hemisphere, respectively. At the same time, the quantitative analysis results on the probability maps provide more precise imaging of the detected defects. The wedge-shaped predominantly pink RNFL defect that stems from the lower temporal edge of the optic disc expands fanwise towards the macula. The defect color is non-uniform. In particular, it is predominantly red along the arc axis in the center, and yellow areas are detected along the edge

Ишемический паттерн повреждения аксонов ганглиозных клеток согласуется с анатомией артериального круга Цинна — Галлера, образованного дистальными ветвями задних коротких цилиарных артерий и состоящего из нижней и верхней половин. В отличие от ГОН, капиллярная неперфузия ретроламиллярной ткани зрительного нерва индуцирует повреждение аксонов без деформации и повреждения решетчатой мембраны [24] с деколорацией ДЗН и гипертрофией глиальной ткани без формирования в большинстве случаев экскава-

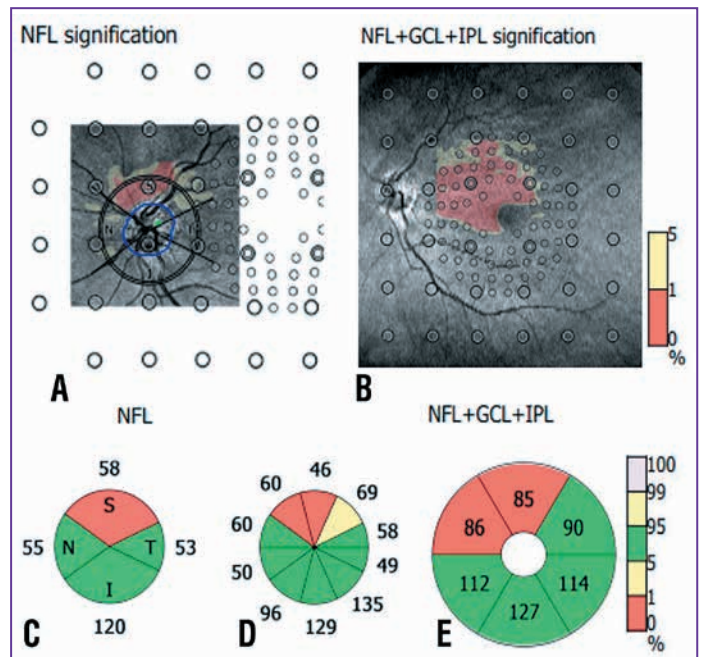


Рис. 3. Фрагмент стандартного комбинированного протокола левого глаза пациента с НАПИОН: карта вероятности отклонений показателей толщины перипапиллярного СНВС пациента от референтных значений (А); карта вероятности отклонений показателей толщины макулярного ГКС (В); диаграммы показателей толщины СНВС в 4 квадрантах (С) и 12 сегментах (D); диаграмма толщины макулярного ГКС в 6 сегментах (Е).

Дефект СНВС занимает весь верхний квадрант (с максимально выраженным истончением в меридиане 11–12 часов), дефект макулярного ГКС — в верхней полусфере. Форма дефектов более отчетливо визуализируется на картах вероятности

Fig. 3. A fragment of the standard combined protocol of the left eye of a patient with NAAION (a probability map of deviations in peripapillary RNFL thickness from the reference values (A); a probability map of deviations in the macular GCC thickness (B); RNFL thickness parameter diagrams in 4 quadrants (C) and 12 segments (D); macular GCC thickness parameter diagrams in 6 segments (E)).

The RNFL defect occupies the entire upper quadrant (with the most pronounced thinning in the 11–12 o'clock meridian), the macular GCC defect is localized in the upper hemisphere. The defect shape imaging is more clear on probability maps

ции. Считается, что глиальные клетки устойчивы к ишемии [25, 26].

Большая площадь и монохромная окраска дефектов характеризуют одномоментную гибель большого числа аксонов и согласуются с формой и глубиной периметрических дефектов [27].

Таким образом, комплексная оценка комбинированных ОКТ-протоколов с использованием карт вероятности отклонений имеет ряд преимуществ для оценки структурных повреждений, так как карты могут быть интегрированы в одно изображение, демонстрирующее зоны уязвимости. Основное преимущество использования карт отклонения — объективная визуализация результатов количественного анализа.

Ограничением настоящего исследования является небольшой объем выборки. Для подтверждения наших выводов необходимо проведение более масштабного исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование карт вероятности в комбинированных протоколах анализа структурных изменений сетчатки расширяет потенциал ОКТ.

Характерная картина повреждения аксонов ганглиозных клеток сетчатки при оптической нейропатии различного генеза позволяет облегчить понимание патогенетических механизмов повреждения и дифференцировать глаукомные изменения от неглаукомных.

Простота визуализации, высокое разрешение, воспроизводимость, экономичность, наличие инструментов количественной оценки, возможность проведения обследования в амбулаторных условиях объясняют привлекательность и перспективность использования ОКТ в скрининговой диагностике оптических нейропатий различного генеза.

Литература / References

- Berry S., Lin W.V., Sadaka A., Lee A.G. Nonarteritic anterior ischemic optic neuropathy: cause, effect, and management. *Eye Brain*. 2017;9:23–28. DOI: 10.2147/EB.S125311
- Bialer O.Y., Stiebel-Kalish H. Clinical characteristics of progressive nonarteritic anterior ischemic optic neuropathy. *Int J Ophthalmol*. 2021;14(4):517–522. DOI: 10.18240/ijo.2021.04.06
- Nuschke A.C., Farrell S.R., Levesque J.M., Chauhan B.C. Assessment of retinal ganglion cell damage in glaucomatous optic neuropathy: Axon transport, injury and soma loss. *Exp Eye Res*. 2015;141:111–124. DOI: 10.1016/j.exer.2015.06.006
- Волков В.В., Коровенков Р.И. Об уровне давления жидкости в межболоочечных пространствах зрительного нерва кролика. *Физиологический журнал СССР им. И.М. Сеченова*. 1974;LX(2):193–196. Volkov V.V., Korovenkov R.I. The level of the fluid pressure in the intermeningeal space of the rabbit's optic nerve. *Physiological Journal of the USSR named I.M. Sechenov*. 1974;LX(2):193–196 (in Russ.).
- Волков В.В. Глаукома с псевдонормальным давлением. М.: Медицина; 2001.
- Volkov V.V. Glaucoma with pseudonormal pressure. М.: Meditsina; 2001 (in Russ.).
- Tielsch J.M., Katz J., Sommer A., Quigley H.A., Javitt J.C. Hypertension, perfusion pressure, and primary open-angle glaucoma. A population-based assessment. *Arch Ophthalmol*. 1995;113(2):216–221. DOI: 10.1001/archophth.1995.01100020100038
- Miller N.R., Arnold A.C. Current concepts in the diagnosis, pathogenesis and management of nonarteritic anterior ischaemic optic neuropathy. *Eye (Lond)*. 2015;29(1):65–79. DOI: 10.1038/eye.2014.144
- Patil A.D., Biousse V., Newman N.J. Ischemic Optic Neuropathies: Current Concepts. *Ann Indian Acad Neurol*. 2022;25(Suppl 2):S54–S58. DOI: 10.4103/aian.aian_533_22
- Rizzo J.F. 3rd. Unraveling the Enigma of Nonarteritic Anterior Ischemic Optic Neuropathy. *J Neuroophthalmol*. 2019;39(4):529–544. DOI: 10.1097/WNO.0000000000000870
- Hayreh S.S. Ischemic optic neuropathy. *Prog Retin Eye Res*. 2009;28(1):34–62. DOI: 10.1016/j.preteyeres.2008.11.002
- Bernstein S.L., Miller N.R. Ischemic optic neuropathies and their models: disease comparisons, model strengths and weaknesses. *Jpn J Ophthalmol*. 2015;59(3):135–147. DOI: 10.1007/s10384-015-0373-5
- Hayreh S.S. Ocular vascular occlusive disorders: natural history of visual outcome. *Prog Retin Eye Res*. 2014;41:1–25. DOI: 10.1016/j.preteyeres.2014.04.001
- Liu B., Yu Y., Liu W. et al. Risk Factors for Non-arteritic Anterior Ischemic Optic Neuropathy: A Large Scale Meta-Analysis. *Front Med (Lausanne)*. 2021;8:618353. DOI: 10.3389/fmed.2021.618353

- Li X., Guo T., Zhang Y. et al. Risk Factors for Fellow Eye Involvement in Patients with Nonarteritic Anterior Ischemic Optic Neuropathy. *Ophthalmic Res*. 2023;66(1):398–405. DOI: 10.1159/000528627
- Dias D.T., Ushida M., Battistella R. et al. Neurophthalmological conditions mimicking glaucomatous optic neuropathy: analysis of the most common causes of misdiagnosis. *BMC Ophthalmol*. 2017;17(1):2. DOI: 10.1186/s12886-016-0395-x
- Salvetat M.L., Pellegrini F., Spadea L. et al. Non-Arteritic Anterior Ischemic Optic Neuropathy (NA-AION): A Comprehensive Overview. *Vision (Basel)*. 2023;7(4):72. DOI: 10.3390/vision7040072
- Danesh-Meyer H.V., Savino P.J., Sergott R.C. The prevalence of cupping in end-stage arteritic and nonarteritic anterior ischemic optic neuropathy. *Ophthalmology*. 2001;108(3):593–598. DOI: 10.1016/s0161-6420(00)00602-3
- Hood D.C., De Cuir N., Blumberg D.M. et al. A Single Wide-Field OCT Protocol Can Provide Compelling Information for the Diagnosis of Early Glaucoma. *Transl Vis Sci Technol*. 2016;5(6):4. DOI: 10.1167/tvst.5.6.4
- Hood D.C. Improving our understanding, and detection, of glaucomatous damage: An approach based upon optical coherence tomography (OCT). *Prog Retin Eye Res*. 2017;57:46–75. DOI: 10.1016/j.preteyeres.2016.12.002
- Lee E.J., Han J.C., Park D.Y., Kee C. A neuroglia-based interpretation of glaucomatous neuroretinal rim thinning in the optic nerve head. *Prog Retin Eye Res*. 2020;77:100840. DOI: 10.1016/j.preteyeres.2020.100840
- Saito H., Tomidokoro A., Tomita G. et al. Optic disc and peripapillary morphology in unilateral nonarteritic anterior ischemic optic neuropathy and age- and refraction-matched normals. *Ophthalmology*. 2008;115(9):1585–1590. DOI: 10.1016/j.ophtha.2008.01.012
- Jonas J.B., Xu L. Optic disc morphology in eyes after nonarteritic anterior ischemic optic neuropathy. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1993;34(7):2260–2265.
- Mansour A.M., Shoch D., Logani S. Optic disk size in ischemic optic neuropathy. *Am J Ophthalmol*. 1988;106(5):587–589. DOI: 10.1016/0002-9394(88)90591-0
- Feola A.J., Girkin C.A., Ethier C.R., Samuels B.C. A Potential Role of Acute Choroidal Expansion in Nonarteritic Anterior Ischemic Optic Neuropathy. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2022;63(4):23. DOI: 10.1167/iov.63.4.23
- Gürer G., Gursoy-Ozdemir Y., Erdemli E. et al. Astrocytes are more resistant to focal cerebral ischemia than neurons and die by a delayed necrosis. *Brain Pathol*. 2009;19(4):630–641. DOI: 10.1111/j.1750-3639.2008.00226.x
- Burgoyne C. The morphological difference between glaucoma and other optic neuropathies. *J Neuroophthalmol*. 2015;35 Suppl 1(0 1):S8–S21. DOI: 10.1097/WNO.0000000000000289
- Hayreh S.S., Zimmerman B. Visual field abnormalities in nonarteritic anterior ischemic optic neuropathy: their pattern and prevalence at initial examination. *Arch Ophthalmol*. 2005;123(11):1554–1562. DOI: 10.1001/archophth.123.11.1554

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Жукова Светлана Ивановна — к.м.н., врач-офтальмолог высшей категории, заведующая диагностическим отделением Иркутского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 664033, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 337; ORCID iD 0000-0002-0227-7682

Самсонов Дмитрий Юрьевич — к.м.н., врач-офтальмолог высшей категории, заведующий научно-образовательным отделом Иркутского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК

«Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 664033, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 337; ORCID iD 0000-0001-7971-4521

Прозорова Татьяна Владимировна — врач-офтальмолог Иркутского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 664033, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 337; ORCID iD 0009-0000-5286-5784

Контактная информация: Жукова Светлана Ивановна, e-mail: zhukswetlana@yandex.ru

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

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 19.12.2024.

Поступила после рецензирования 21.01.2025.

Принята в печать 13.02.2025.

ABOUT THE AUTHORS:

Svetlana I. Zhukova — C. Sc. (Med.), Board-Certified Ophthalmologist, Head of the Diagnostic Department

of Irkutsk Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 337, Lermontov str., Irkutsk, 664033, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-0227-7682

Dmitryi Yu. Samsonov — C. Sc. (Med.), Board-Certified Ophthalmologist, Head of the Scientific and Educational Department, Irkutsk Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 337, Lermontov str., Irkutsk, 664033, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-7971-4521

Tatyana V. Prozorova — Ophthalmologist, Irkutsk Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 337, Lermontov str., Irkutsk, 664033, Russian Federation; ORCID iD 0009-0000-5286-5784

Contact information: Svetlana I. Zhukova, e-mail: zhukswetlana@yandex.ru

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

There is no conflict of interest.

Received 19.12.2024.

Revised 21.01.2025.

Accepted 13.02.2025.

DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-10

Анализ вариантов течения пролиферативной диабетической ретинопатии, влияющих на эффективность лечения: стандартизация или индивидуальный подход?

С.В. Сдобникова

МНОИ МГУ, Москва, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: выявить признаки, позволяющие определить вариант развития активной пролиферативной диабетической ретинопатии (ПДР) и частоту неоваскулярных осложнений после витрэктомии при различных ее формах.

Материал и методы: исследованы 109 глаз 82 пациентов с активной ПДР. В ретроспективный анализ были включены следующие данные: пол; возраст дебюта сахарного диабета (СД); возраст на момент диагностики ПДР; тип, продолжительность и наличие системных осложнений СД; состояние метаболического контроля. Помимо рутинных исследований, в каждом случае до операции выполняли 7 стандартных фотографий глазного дна и флюоресцеиновую ангиографию.

Результаты исследования: группы, исходно отличающиеся тяжестью (формой) ПДР, различались по соотношению типов СД, возрасту дебюта СД и диагностики ПДР, особенностям течения СД, проявлениям фоновой диабетической ретинопатии. Выявлена статистически значимая значительная прямая корреляция между формой ПДР и площадью аваскулярных зон, наличием неососудов диска зрительного нерва и интравитреальных микроваскулярных аномалий, калибром ретинальных вен. После составления линейного уравнения регрессии наиболее важными признаками оказались площадь аваскулярных зон и калибр ретинальных вен. Частота неоваскулярных осложнений после витрэктомии (рецидивов ПДР, переднегидалоидного ангиогенеза, руброза радужки) в значительной степени зависела от формы ПДР.

Заключение: результаты настоящего исследования позволяют предположить, что активная ПДР исходно развивается по разным сценариям. В целях совершенствования стратегии оказания помощи при ПДР, вероятно, целесообразно рассматривать дифференцированный подход к лечению в зависимости от формы процесса. С учетом связи функционального исхода лечения с частотой и тяжестью неоваскулярных осложнений витрэктомии конечный результат лечения ПДР не должен ограничиваться улучшением остроты зрения. Важно достигать стойкого регресса всех признаков неоваскулярного поражения глаза при СД. В тяжелых случаях ПДР возможно более точное определение «стойкая ремиссия пролиферативного глазного синдрома».

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: диабетическая ретинопатия, формы пролиферативной диабетической ретинопатии, осложнения витрэктомии, неоваскулярные осложнения.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Сдобникова С.В. Анализ вариантов течения пролиферативной диабетической ретинопатии, влияющих на эффективность лечения: стандартизация или индивидуальный подход? Клиническая офтальмология. 2025;25(специальный выпуск):67–75. DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-10

Analysis of proliferative diabetic retinopathy variants affecting the treatment efficiency: standardization or personalized approach?

S.V. Sdobnikova

Medical Research & Educational Institute, Moscow State University, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Aim: to identify signs determining a variant of active proliferative diabetic retinopathy (PDR) and incidence of neovascular complications after vitrectomy in patients with various types of PDR.

Materials and Methods: 82 patients (109 eyes) with active PDR were examined. The retrospective analysis included following data: sex, age at diagnosis of diabetes mellitus (DM); age at diagnosis of PDR; type, duration and presence of systemic DM complications; metabolic control status. In addition to routine examinations, 7 standard fundus photographs and fluorescein angiography were performed before the surgery in each case.

Results: demonstrating different severity (type) of PDR at baseline, the study groups were distinct in a ratio between DM types, age at DM onset and PDR diagnosis, DM course features, and manifestations of underlying diabetic retinopathy. A statistically evident significant direct correlation was found between PDR type and avascular zone area, new vessels on the disc, intraretinal microvascular abnormalities, and retinal vein caliber. After generation of a linear regression equation, avascular zone area and retinal vein caliber were the most important features. Largely, incidence of post-vitrectomy neovascular complications (PDR recurrence, anterior hyaloid angiogenesis [AHA], and rubeosis iridis) depended on PDR type.

Conclusion: the study results are suggestive of active PDR initially developing according to different scenarios. To improve a medical strategy for PDR, a differentiated approach to the treatment depending on the disease type may be considered as good practice. With respect to a relationship between a functional outcome of the treatment, incidence and severity of post-vitrectomy neovascular complications, a final outcome of PDR treatment should not be limited to improved visual acuity. It is important to achieve a stable regression of all signs of

neovascular eye disease associated with DM. In case of severe PDR, a more precise definition of "persistent remission of ocular proliferative syndrome" may be applied.

KEYWORDS: diabetic retinopathy, proliferative diabetic retinopathy types, vitrectomy complications, neovascular complications.

FOR CITATION: Sdobnikova S.V. Analysis of proliferative diabetic retinopathy variants affecting the treatment efficiency: standardization or personalized approach? Russian Journal of Clinical Ophthalmology. 2025;25(Special Issue):67–75 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-10

ВВЕДЕНИЕ

Диабетическая ретинопатия (ДР) — осложнение сахарного диабета (СД), которое наиболее часто встречается в большинстве стран и остается ведущей причиной потери зрения [1, 2]. На основании результатов проспективного исследования EURODIAB (PCS), включавшего 3250 пациентов с СД 1 типа (СД1), 1249 из которых были выполнены снимки сетчатки в динамике (7,5 года), сделан следующий вывод: пролиферативная ДР (ПДР), ведущая причина слепоты, не может быть полностью предотвращена путем оптимизации метаболического контроля и контроля кровяного давления, а выявление факторов риска могло бы помочь определить цели для лечения [3]. Более поздние исследования подтверждают это утверждение [4]. В этом контексте intriguingue выглядит информация о том, что при естественном течении (без офтальмологических процедур) ПДР может самопроизвольно стойко регрессировать с сохранением хороших функций в достаточно большом числе случаев [5, 6]. Так, G.W. Blankenship [7] показал, что через 15 лет наблюдения за глазами с ПДР, которые были отобраны в ходе исследования DRS в группу контроля и никакого лечения не получали, острота зрения $>0,1$ была в 58% случаев, а от 0,5 до 1,0 (20/40 или лучше) — в 33%, однако автор не приводит частоту «тяжелой потери зрения» по критериям DRS — $\leq 0,025$.

Известно, что ПДР возникает у 2–37% пациентов и ее частота зависит от типа СД, возраста дебюта заболевания, его продолжительности и тяжести течения [8]. Вероятно, сам по себе размах частоты ПДР может указывать на различия в течении СД у разных пациентов, обусловленные не только его длительностью. Однако в доступной литературе лишь единичные публикации посвящены выявлению факторов риска прогрессирования от непролиферативной ДР до пролиферативной [8], несмотря на исключительную важность своевременной диагностики именно ПДР для прогноза зрительных функций. Из клинических наблюдений хорошо известно, что темпы и варианты течения ПДР в разных случаях имеют принципиальные отличия [9]. Тем не менее существующая стандартизация подходов к лечению предполагает, что ДР у всех прогрессирует до терминальной стадии ПДР и, вероятно, с одинаковой скоростью. Таким образом, представленные факты в совокупности указывают на актуальность изучения вариантов прогрессирования ПДР.

Цель исследования: выявить признаки, позволяющие определить вариант развития активной ПДР и частоту неоваскулярных осложнений после витрэктомии при различных ее формах.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В исследование были включены 109 глаз 82 пациентов с ДР с признаками развивающейся (активной) ПДР.

Критерии включения в исследование: наличие ПДР; хорошая визуализация глазного дна; отсутствие выраженного

фиброзного компонента пролиферации; добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

Критерии не включения в исследование: миопия >2 дптр; помутнения оптических сред; заболевания глаза, не связанные с СД; любые интраокулярные вмешательства, кроме панретинальной лазеркоагуляции сетчатки (ПЛК), в анамнезе; неоваскуляризация радужки; тракционная отслойка сетчатки до операции; регматогенная отслойка сетчатки после операции.

Активными считали неоваскулярные кластеры (НК) с кровоснабжаемыми лидирующими капиллярами, оцениваемыми при офтальмоскопии. Отсутствие перфузируемых кровью неососудов указывало на их инволюцию, что в совокупности с наличием фиброзного компонента пролиферации считали признаком ремиссии ПДР (спонтанной или после ПЛК) [5]. Тяжесть ретинопатии классифицировали в соответствии с модифицированной шкалой 2003 г. [10]. Исходя из того, что наиболее тяжелые проявления патологического ангиогенеза (большая суммарная площадь неоваскуляризации, магистральные неососуды) развиваются не на всех глазах с ПДР, все случаи были отнесены к одной из трех форм течения ПДР:

- ♦ группа стандартного течения (S-форма, от лат. *simplex*) — 51 глаз;
- ♦ группа тяжелого течения (G-форма, от лат. *gravis*) — 37 глаз;
- ♦ группа очень тяжелого / молниеносного течения (F-форма, от лат. *fulgur*) — 21 глаз.

К ПДР стандартного течения (S-форма) были отнесены случаи с неоваскуляризацией сетчатки и/или диска зрительного нерва (ДЗН) не более площади окружности, соответствующей двум диаметрам ДЗН (ДД) в наиболее развитом НК (равной или меньшей, чем на стандартной фотографии 10 С по шкале Early Treatment Diabetic Retinopathy Study (ETDRS)). К ПДР тяжелого течения (G-форма) были отнесены случаи с активной неоваскуляризацией сетчатки и/или ДЗН с наличием магистральных неососудов, и/или неоваскуляризацией сетчатки, и/или ДЗН более площади окружности, соответствующей 2 ДД в наиболее развитом НК (больше, чем на стандартной фотографии 10 С по шкале ETDRS) [11]. К молниеносной форме ПДР (F-форма) были отнесены случаи, соответствовавшие определению "florid diabetic retinopathy" [12, 13].

На всех глазах одним хирургом была выполнена стандартная трехпортовая витрэктомия 23-го калибра (Stellaris, Bausch & Lomb, США) без силиконовой тампонады. Срок послеоперационного наблюдения составил от 1,5 года до 12 лет. К неоваскулярным осложнениям витрэктомии относили появление признаков неоваскуляризации в переднем и/или заднем отделах глаза: рецидив ПДР, рубцово-радиальной оболочки и переднегоидной ангиогенез (ПА) — рост неососудов и последующая клеточная пролиферация с формированием фиброзной ткани по передней гиалоидной мембране. Сочетание всех вариантов неоваскуляризации относили к пролиферативному главному синдрому.

Методы исследования

В ретроспективный анализ были включены данные о пациентах: пол, возраст диагностики СД, его тип и продолжительность, возраст на момент выявления ПДР, состояние метаболического контроля и системных осложнений СД, особенности терапии (прежде всего, препаратами инсулина).

Всем пациентам выполнены стандартное офтальмологическое обследование с определением максимальной корригированной остроты зрения (МКОЗ), биомикроскопия, офтальмоскопия, а также оптическая когерентная томография сетчатки (RTVue модель-RT 100, Optovue). До операции выполняли 7 стандартных фотографий глазного дна по схеме ETDRS [11] при помощи фундус-камеры Торсон TRC-50 EX (Япония) и флюоресцеиновую ангиографию (ФАГ) (Spectralis HRA-OCT, Heidelberg Engineering, Германия). Для измерения сосудов использовали графическую программу Universal Desktop Ruler (AVPSoft, США). Диаметр сосудов был рассчитан в наиболее крупной артерии и вене сетчатки в пределах 0,5–1 диаметра ДЗН от его края, в двух квадрантах (верхне- и нижневисочном). При анализе результатов использовали среднее арифметическое. Вычисляли среднее значение из 6 измерений для каждого сосуда. Подсчет общей площади аваскулярных зон был проведен по результатам ФАГ с помощью программы ImageJ (National Institutes of Health, США). Для оценки тяжести сосудистого поражения сетчатки использовали систему полуколичественной оценки при помощи стандартных нестереоскопических фотографий по алгоритму ETDRS [11]. Исследования выполняли при нормальных показателях роговично-компенсированного внутриглазного давления (Ocular Response Analyzer (ORA), Reichert, США), системного артериального давления, уровня гликемии.

Методы статистического анализа данных

Для статистической обработки данных использовали программу SPSS Statistics v.26.0 (IBM, США). Описательная статистика представлена в виде среднего значения и стандартного отклонения для показателей с нормальным распределением ($M \pm SD$), медианы [1-й и 3-й квартиль] ($Me [Q1; Q3]$) для показателей с распределением, отличным от нормального. Нормальность распределения определяли в соответствии с критерием Колмогорова — Смирнова. Для оценки статистической значимости различий меж-

ду группами использовали критерий χ^2 Пирсона для номинальных показателей и критерий Краскела — Уоллиса для количественных показателей. При сравнении трех групп значимость приведена с учетом поправки Бонферрони. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$. Для определения наличия взаимосвязи между переменными использовали коэффициент корреляции Спирмена. Изменения параметров приведены в виде относительных величин, рассчитанных как изменение в процентах от исходного уровня.

Результаты исследования

Пациентам с признаками развивающейся (активной) ПДР без тракционной отслойки сетчатки, включенным в настоящее исследование, была выполнена витрэктомия без силиконовой тампонады. Количество глаз пациентов с СД1 составило 62% (68 глаз). Срок наблюдения составил от 1,5 года до 12 лет.

У подавляющего большинства пациентов ПДР выявлялась на обоих глазах (в 96% случаев). Группы с разной тяжестью ПДР на исходном уровне значительно отличались по клинико-anamnestическим данным (табл. 1), особенностям течения СД, офтальмоскопическим проявлениям фоновой ДР (табл. 2–4), частоте неоваскулярных осложнений после витрэктомии (табл. 5).

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КЛИНИКО-АНАМНЕСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ТИПА СД ПРИ РАЗНЫХ ФОРМАХ АКТИВНОЙ ПДР

У пациентов с СД 2 типа (СД2) только в 15 (37%) случаях из 41 можно было точно установить возраст начала заболевания, поэтому анализ данных анамнеза у пациентов с СД1 был проведен отдельно (табл. 1).

Для классической S-формы ПДР было характерно относительно равномерное распределение пациентов по типу СД (приблизительно 1:1), при быстротекущей G-форме доля пациентов с СД1 составляла 62%, а молниеносная F-форма была выявлена исключительно у пациентов с СД1, что статистически значимо отличает эту форму заболевания от других (соответственно $p_{S-F} = 0,0001$; $p_{S-G} = 0,97$; $p_{G-F} = 0,001$). В исследуемых группах статистически значимых отличий по полу пациентов не обнаружено.

Таблица 1. Клинико-anamnestические характеристики пациентов при разных формах активной ПДР

Table 1. Clinical and life record data in patients with various types of active PDR

Показатель Parameter	S-форма / S-type (n=51)	G-форма / G-type (n=37)	F-форма / F-type (n=21)	p
СД1 / СД2 / DM1 / DM2, n / n (%) / %	24/27 (47 / 53)	23/14 (62 / 38)	21/0 (100 / 0)	0,0001*
Женщины/мужчины / Women/Men, n / n (%) / %	27/24 (53 / 47)	22/15 (59 / 41)	16/7 (76 / 24)	0,588*
Возраст выявления ПДР (все случаи), годы / Age at PDR diagnosis (all cases), years	43 [28; 62]	33,5 [25,5; 50,5]	25 [23; 27]	0,0001**
Возраст выявления ПДР при СД1, годы Age at diagnosis of PDR associated with DM1, years	30 [24,5; 37]	28 [22,5; 33]	25 [23; 27]	0,050**
Возраст начала СД1, годы / Age at DM1 onset, years	12 [6; 15]	12 [7; 16]	10 [9; 11]	0,031**
Возраст начала СД1 до 12 лет / после 12 лет, n / n (%) / % Age at DM1 onset before the age of 12 / after the age of 12, n / n (%) / %	11/13 (46 / 54)	10/13 (43 / 56)	19/2 (90 / 10)	0,001*
Длительность СД1 на момент ПДР, годы / Duration of DM1 at PDR onset, years	17 [14; 19]	16 [14; 17]	15,5 [13; 19]	0,209**

Примечание. * — χ^2 Пирсона, ** — критерий Краскела — Уоллиса.

Note. * — Pearson's chi-squared test, ** — Kruskal — Wallis test.

У пациентов с F-формой ПДР статистически значимо ($p=0,031$ с учетом поправки Бонферрони) СД дебютировал в более раннем возрасте, чем у пациентов с G-формой (10 [9; 11] и 12 [7; 16] лет соответственно), и в 90% наблюдений был выявлен до 12-летнего возраста, что статистически значимо ранее ($p<0,001$), чем у пациентов с S- и G-формами заболевания. Несмотря на то, что средняя длительность СД1 на момент установления диагноза ПДР по мере нарастания тяжести ПДР снижалась (17 [14; 19], 16 [14; 17] и 15,5 [13; 19] года при S-, G- и F-форме соответственно), при попарном сравнении статистически значимой разницы между группами выявлено не было. Среди всех пациентов с СД статистически значимо возраст к моменту установления диагноза ПДР в группе с F-формой был ниже ($p_{S-F}=0,0001$; $p_{G-F}=0,007$), при этом возраст в группах с S- и G-формами значимо не отличался ($p_{S-G}=0,375$). Среди пациентов с СД1 при попарном сравнении групп с разными формами ПДР с учетом поправки Бонферрони на множественность сравнения (в 3 группах) статистически значимых отличий по показателю «возраст возникновения ПДР» обнаружено не было.

Сила корреляционной связи формы ПДР со степенью сосудистых изменений сетчатки и особенностями течения СД

Задачей этого этапа исследования было выявление наличия и силы корреляционной связи между формой ПДР и степенью диабетического поражения ретинальных сосудов. Статистически значимая сильная прямая корреляция была выявлена между формой ПДР и площадью аваскулярных зон ($K=0,69$), неоваскуляризацией ДЗН ($K=0,68$), наличием интратретиальных микроваскулярных аномалий (ИРМА) ($K=0,64$), калибром ретинальных вен ($K=0,58$), неравномерностью калибра вен ($K=0,51$), присутствием мягкого экссудата ($K=0,51$), площадью аваскулярной зоны в макуле ($K=0,5$) (см. табл. 2). Не было обнаружено статистически значимой корреляции между тяжестью ПДР и количеством капиллярных микроаневризм / точечных интратретиальных кровоизлияний, наличием и локализацией субгидалоидных кровоизлияний, калибром артерий и наличием фиброза.

Мягкий экссудат не всегда обнаруживался только при тяжелой ПДР и не только в зонах капиллярной неперфузии, но неизменно при G- и F-форме. Помимо этого, можно отметить другие особенности F-формы: во всех глазах наблюдалась неоваскуляризация ДЗН, при этом неососуды сетчатки, как правило, отсутствовали. Размеры новообразованных сосудов были относительно небольшими, несмотря на «экстремальную неперфузию» мелких ретинальных сосудов; не перфузировались не только капилляры, но и сосуды среднего калибра, в том числе в макулярной области (рис. 1А). В некоторых глазах с G-формой заболевания и во всех глазах при F-форме наблюдались характерные изменения вен, которые можно охарактеризовать как критические и по калибру, и по выраженности патологической деформации (рис. 1В). При F-форме ПДР гемоперфузия сохранялась преимущественно в магистральных сосудах сетчатки, в периферических (постэкваториальных) отделах они образовывали дистальные артериовенозные шунты. Перипапиллярная зона была значительно более устойчивой к нарушениям перфузии, в ней кровоток сохранялся даже в наиболее тяжелых случаях. Только по офтальмоскопическим признакам, без ФАГ выявить данную форму ПДР на начальных стадиях и дифференцировать F- и G-форму заболевания крайне затруднительно; тем не менее такие глаза могут принципиально отличаться площадью аваскулярных зон. Различия могут стать явными по мере выполнения лечебных процедур: ПЛК, витрэктомии, интравитреальных инъекций (ИВИ) ингибиторов ангиогенеза, особенно в отдаленном периоде.

При всех вариантах ПДР сосудистый рисунок в макуле и периферических отделах сетчатки был значительно более сохранен по сравнению с ее средними отделами. Преэкваториальные отделы были поражены в наибольшей степени, в том числе по сравнению с более периферическими отделами сетчатки. Однако локальная зона межаркадного пространства «височнее» fovea также поражалась часто.

Все приведенные выше показатели значимо коррелировали между собой. Наиболее сильная корреляция была выявлена для ИРМА и площади аваскулярных зон ($K=0,77$), ИРМА и наличия неососудов ДЗН ($K=0,60$), площади аваскулярных зон и мягкого экссудата ($K=0,58$). Значимая, но более слабая взаимосвязь установлена между калибром

Таблица 2. Корреляция между формой ПДР и степенью сосудистых изменений сетчатки (коэффициенты корреляции Спирмена)

Table 2. Correlation between PDR type and severity of retinal vascular changes (Spearman rank correlation coefficients)

Параметр Parameter	Форма ПДР PDR type	Неравномерность калибра вен / Irregular vein caliber	Наличие неососудов ДЗН / New vessels on the disc	Мягкий экссудат Soft exudate	Площадь аваскулярных зон Avascular zone area	Калибр вен Vein caliber	ИРМА IRMA
Форма ПДР / PDR type	1,000	0,512**	0,676**	0,509**	0,689**	0,579**	0,641**
Неравномерность калибра вен / Irregular vein caliber	0,512**	1,000	0,515**	0,492**	0,589**	0,553**	0,431**
Наличие неососудов ДЗН New vessels on the disc	0,676**	0,515**	1,000	0,505**	0,586**	0,363**	0,603**
Мягкий экссудат / Soft exudate	0,509**	0,492**	0,505**	1,000	0,575**	0,468**	0,452**
Площадь аваскулярных зон Avascular zone area	0,689**	0,589**	0,586**	0,575**	1,000	0,536**	0,765**
Калибр вен / Vein caliber	0,579**	0,553**	0,363**	0,468**	0,536**	1,000	0,531**
ИРМА / IRMA	0,641**	0,431**	0,603**	0,452**	0,765**	0,531**	1,000

Примечание. ** — статистически значимые корреляции на уровне $p=0,01$.

Note. ** — significant correlations, $p=0.01$.

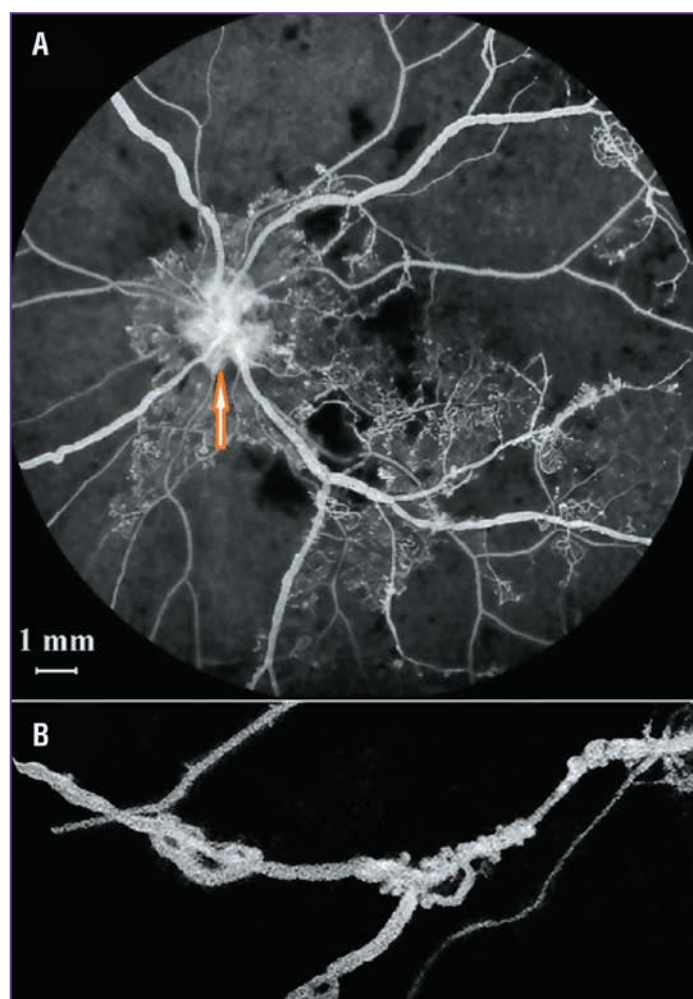


Рис. 1. Данные ФАГ левого глаза пациента Д., 25 лет, с F-формой ПДР, СД1 с 10 лет.

А — «критическая» суммарная площадь аваскулярных зон сетчатки, вовлекающая зону fovea, перипапиллярно гемоперфузия сохраняется. Вследствие небольшого количества перфузируемых капилляров микроаневризм мало. Размеры новообразованных сосудов ДЗН относительно небольшие (стрелка), несмотря на очень большую площадь аваскулярных зон (выраженную неперфузию капилляров и средних сосудов). Перфузируются преимущественно магистральные сосуды сетчатки; В — изменения ретинальных вен при F-форме ПДР, их дилатация и патологическая деформация — типичные и критические проявления

Fig. 1. 25-year-old patient D., F-type of PDR, DM1 onset age — 10 years, fluorescent angiography (FAG) data, left eye.

A — "critical" total area of avascular retinal zones involving the fovea zone, peripapillary hemoperfusion persists. Due to a small number of perfused capillaries, there are few microaneurysms. The size of new vessels on the disc is relatively small (arrowed), despite very large avascular zone area (pronounced "nonperfusion" of capillaries and medium vessels). Mainly, major retinal vessels are perfused. The maximum damage is detected in the middle part of the retina; B — altered retinal veins associated with F-type of PDR, their dilation and abnormal deformity are typical and critical manifestations

вен и наличием обширной аваскулярной зоны в макуле ($K=0,36$), а также между неравномерностью калибра вен и ИРМА ($K=0,43$) (см. табл. 2).

Существовала статистически значимая корреляция между формой ПДР и тяжестью СД ($K=0,65$), уровнем гликированного гемоглобина ($K=0,52$), возрастом на момент выявления ПДР ($K=-0,37$), возрастом дебюта СД (<12 лет) ($K=0,34$), типом СД ($K=0,31$) (см. табл. 3).

На основании найденных значимых корреляций было составлено линейное уравнение регрессии, определяющее силу влияния показателей на зависимую переменную — тип течения ПДР (см. табл. 4). Коэффициент детерминации полученного регрессионного уравнения оказался достаточно высоким: $R^2=0,76$. Соответственно, около 76% изменений при разных формах ПДР объясняется изменениями трех показателей. Среди данных показателей наибольшее влияние оказывали площадь аваскулярных зон, калибр вен и наличие неососудов ДЗН.

Анализ частоты неоваскулярных осложнений после витрэктомии в зависимости от формы ПДР

Частота неоваскулярных осложнений после витрэктомии (рецидивов ПДР, ПА, руброза радужки) выражено и статистически значимо зависела от формы ПДР (см. табл. 5). Наиболее часто неоваскулярные осложнения возникали на глазах с неососудами ДЗН. Как правило, осложнения возникали в течение первого года после витрэктомии, наиболее часто — в первые 6 мес.

Обращает на себя внимание тот факт, что у пациентов с F-формой ПДР отмечались беспрецедентная частота и тяжесть неоваскулярных осложнений, хотя в этой группе в 82% случаев была выполнена ПЛК до витрэктомии, в отличие от 47 и 57% случаев при S- и G-форме соответственно. Витрэктомию старались выполнять как можно раньше. У всех пациентов с F-формой ПДР заболевание было выявлено на обоих глазах, у 1 пациентки исходно имелась тотальная тракционная отслойка сетчатки и руброз радужки на 1 глазу.

При классической S-форме заболевания рецидивов ПДР и ПА не было. Доля рецидивов ПДР после витрэктомии нарастала от G- к F-форме. На всех 14 глазах с рецидивами ПДР выполнена ревизия полости стекловидного тела. Частота развития ПА и руброза радужки при F-форме статистически значимо была выше, чем при G- и S-форме ПДР. При G-форме в глазах с рецидивом неоваскуляризации сетчатки и/или ДЗН не было выявлено случаев с одномоментной неоваскуляризацией в переднем отделе. Также интересно, что среди случаев с неоваскулярными осложнениями и хирургическим вмешательством на обоих глазах рецидивы ангиогенеза и ПА встречались у пациента только на 1 глазу. Лишь у 1 пациентки 22 лет (при стаже СД1 12 лет) были рецидивы неоваскуляризации ДЗН на обоих глазах, однако на одном был один рецидив, на другом — два. На одном глазу с ПА были выполнены лентэктомию и силиконовая тампонада, на другом артифакичном глазу — ретиномия и силиконовая тампонада, в обоих глазах силиконовое масло было удалено.

До витрэктомии при S-форме ПДР МКОЗ составила 0,2 [0,075; 0,55], а после — 0,45 [0,1; 0,7], при G-форме до операции — 0,1 [0,02; 0,3], а после — 0,3 [0,1; 0,475]. Отдаленные результаты стандартного подхода к лечению F-формы ПДР, включавшего не только витрэктомию с дополнительной эндолазеркоагуляцией, но и ИВИ ингибиторов ангиогенеза и ревизии полости стекловидного тела с силиконовой тампонадой, можно охарактеризовать как провальные: МКОЗ до витрэктомии составила 0,03 [0,004; 0,2], а после — 0,004 [0; 0,02].

Таким образом, развитие рецидивов ангиогенеза сетчатки / ДЗН, ПА и руброза радужки после витрэктомии во многом определяло отдаленные результаты. В настоящем исследовании показано, что наличие и тяжесть неоваскулярных

Таблица 3. Корреляции между предикторами регрессионного уравнения и клинико-анамнестическими данными (коэффициенты корреляции Спирмена)**Table 3.** Correlations between predictors of the regression equation, clinical and life record data (Spearman rank correlation coefficients)

Параметр Parameter	Начало СД до 12 лет DM onset before the age of 12	Длительность СД на момент диа- гностики ПДР Duration of DM at PDR diagnosis	Возраст на момент диа- гностики ПДР Age at PDR diagnosis	Площадь аваскулярных зон Avascular zone area	Наличие неосо- судов ДЗН New vessels on the disc	Калибр вен Vein caliber
Начало СД до 12 лет DM onset before the age of 12	1,000	0,078	-0,668**	0,191	0,258	0,440**
Длительность СД на момент диа- гностики ПДР Duration of DM at PDR diagnosis	0,078	1,000	0,445**	0,017	-0,476**	-0,275
Возраст на момент диагностики ПДР Age at PDR diagnosis	-0,668**	0,445**	1,000	-0,232	-0,529**	-0,648**
Площадь аваскулярных зон Avascular zone area	0,191	0,017	-0,232	1,000	0,586**	0,536**
Наличие неососудов ДЗН New vessels on the disc	0,258	-0,476**	-0,529**	0,586**	1,000	0,363**
Калибр вен / Vein caliber	0,440**	-0,275	-0,648**	0,536**	0,363**	1,000

Примечание. ** — статистически значимые корреляции на уровне $p=0,01$.Note. ** — significant correlations, $p=0.01$.**Таблица 4.** Итоги регрессии для зависимой переменной — формы активной ПДР (коэффициент детерминации $R^2=0,7$)**Table 4.** Regression results for a dependent variable (a type of active PDR) (coefficient of determination, $R^2=0.7$)

Показатель Parameter	Стандартизованные коэффициенты Standardized coefficients	p
Калибр вен / Vein caliber	0,286	0,024
Наличие неососудов ДЗН New vessels on the disc	0,214	0,005
Площадь аваскулярных зон Avascular zone area	0,499	0,000

осложнений зависели от формы ПДР. Таким образом, конечной точкой хорошего результата лечения ПДР, помимо улучшения остроты зрения, целесообразно считать достижение стойкого регресса всех признаков неоваскулярного поражения глаза при СД. Вероятно, в тяжелых случаях ПДР термин «стойкая ремиссия пролиферативного глазного синдрома» может быть более точным определением.

Обсуждение

Для ДР, в том числе пролиферативной, характерны хорошо известные маркеры поражения ретинальных сосудов; зачастую они просто перечисляются. Однако между одними признаками хронологический разрыв может исчисляться годами, а другие (например, такие, как мягкий экссудат или новообразованные сосуды) могут вообще не появлять-

Таблица 5. Частота осложнений и МКОЗ в отдаленном периоде после витрэктомии в зависимости от формы активной ПДР**Table 5.** Long-term post-vitrectomy complication incidence and BCVA depending on a type of active PDR

Показатель Parameter	S-форма S-type (n=51)	G-форма G-type (n=37)	F-форма F-type (n=21)	p_{S-G}	p_{G-F}	p_{S-F}
Наличие дооперационной ПЛК, n (%) / History of preoperative PLC, n (%)	24 (47)	21 (57)	17 (81%)	—	—	—
Рецидив ПДР, n (%) / PDR recurrence, n (%)	0 (0)	6 (16)	8 (38)	0,088*	0,005*	0,006*
ПА, n (%) / AHA, n (%)	0 (0)	2 (5)	9 (43)	0,096*	0,0001*	0,0001*
Рубеоз, n (%) / Rubeosis, n (%)	3 (6)	3 (8)	11 (52)	0,229*	0,0001*	0,004*
МКОЗ до витрэктомии / Pre-vitrectomy BCVA	0,2 [0,08; 0,55]	0,1 [0,02; 0,3]	0,03 [0,004; 0,2]	0,058**	0,03**	0,056**
МКОЗ после витрэктомии / Post-vitrectomy BCVA	0,45 [0,1; 0,6]	0,3 [0,1; 0,47]	0,004 [0; 0,02]	0,128**	0,001**	0,001**
Δ МКОЗ / Δ BCVA	0,23 [0,06; 0,3]	0,19 [0,08; 0,23]	-0,026 [0; 0,01]	0,092**	0,001**	0,001**

Примечание. * — χ^2 Пирсона, ** — критерий Краскела — Уоллиса.

Note. * — Pearson's chi-squared test, ** — Kruskal–Wallis test.

ся. Известно, что ПДР развивается только на 2–37% глаз с ДР [8]. Тем не менее в доступной литературе публикации, посвященные выявлению факторов риска прогрессирования от непролиферативной ДР до пролиферативной формы заболевания, единичны [8].

Помимо этого, ДР, в том числе пролиферативная, обладает и другими важными признаками. Во-первых, ПДР может самопроизвольно или в результате лечения стойко регрессировать [5], спонтанная ремиссия одного из самых грозных осложнений СД представляет безусловный исследовательский и клинический интерес. Во-вторых, активность ПДР имеет четкие временные рамки — в среднем 5 лет, но период активности значительно варьирует — от 1 года до 9 лет [14]. Из этих наблюдений следует, что последствия роста неососудов при ПДР в значительной мере зависят от темпов прогрессирования неоваскулогенеза. С точки зрения индивидуальных отличий прогрессирования ДР / ПДР интересно, что пациенты с СД исходно представляют собой неоднородную группу по выраженности ретинальных сосудистых реакций, сохранность или восстановление которых во многом может определять исход диабетического поражения сетчатки [15].

В настоящее время нам не известны предикторы, позволяющие прогнозировать переход из активной фазы неоваскулогенеза в фазу ремиссии при ПДР; мы можем лишь констатировать факт ремиссии, когда уже имеются ее отчетливые признаки [5]. Признаки, позволяющие судить об активности ПДР, изучены лучше. Однако формулировка показаний и оценка эффективности лечения в эталонных исследованиях (DRS / EDTRS) были основаны на том, что ПДР у всех пациентов развивается по единому сценарию [16].

Исходя из того, что неососуды большого калибра и большой суммарной площади развиваются не на всех глазах с ПДР, все случаи в настоящем исследовании были отнесены, как указывалось выше, либо к стандартной форме — с неососудами площадью не более 2 ДД, либо к тяжелой — с неососудами площадью более 2 ДД и/или магистральными неососудами. К третьей группе были отнесены случаи очень тяжелого / молниеносного течения ПДР [12, 13]. Известно, что эта редкая форма ПДР характеризуется бурным прогрессированием, двусторонним характером, резистентностью к ПЛК даже очень большого объема и высоким риском слепоты.

Группы с разной тяжестью ПДР исходно значительно различались по клинко-анамнестическим данным, особенностям течения СД, офтальмоскопическим проявлениям фоновой ДР, а также по частоте неоваскулярных осложнений после витрэктомии. Доля пациентов с СД1 нарастала в следующем порядке: S-форма, G-форма, F-форма. Последняя была выявлена только у пациентов с СД1. У пациентов с молниеносной формой ПДР СД начинался статистически значимо в более раннем возрасте — в 10 [9; 11] лет ($p=0,031$ с учетом поправки Бонферрони).

Одной из задач исследования было изучение силы корреляционной связи между формой активной ПДР и степенью диабетического поражения ретинальных сосудов, а также особенностями течения СД. Была выявлена статистически значимая корреляция между формой ПДР и тяжестью СД ($K=0,65$), уровнем гликированного гемоглобина ($K=0,52$), возрастом на момент выявления ПДР ($K=-0,37$), возрастом дебюта СД (моложе 12 лет) ($K=0,34$), типом СД ($K=0,31$). После составления линейного уравнения регрессии, определяющего силу влияния всех исследуемых

показателей на тип течения ПДР, было показано, что наибольшее влияние оказывали площадь аваскулярных зон, затем калибр вен и наличие неососудов ДЗН. Таким образом, определение формы активной ПДР без данных ФАГ может оказаться затруднительным. Не было обнаружено статистически значимой корреляции между тяжестью ПДР и количеством капиллярных микроаневризм / точечных интравитреальных кровоизлияний, наличием и локализацией субгидалоидных кровоизлияний, калибром артерий и наличием фиброза.

Интересным было топографическое распределение аваскулярных зон по данным ФАГ: презваториальные отделы при всех формах ПДР были поражены в наибольшей степени; гемоперфузия в периферических отделах сетчатки по сравнению со средней зоной была более сохранной. Эта особенность также была показана в исследовании K. Shimizu et al. [17]. Она до сих пор не нашла объяснения, поскольку идет вразрез с представлением об окклюзирующем поражении сосудов в аваскулярных зонах.

Частота неоваскулярных осложнений после витрэктомии (рецидивов ПДР, ПА, рубцеоза радужки) выражено и значимо зависела от формы ПДР. Вероятно, в тяжелых случаях ПДР термин «пролиферативный глазной синдром», включающий все варианты патологического ангиогенеза в переднем и заднем отделах глаза — неоваскуляризацию сетчатки / ДЗН, ПА, рубцеоз радужки, — может быть более точным определением для данного состояния. Частота и тяжесть неоваскулярных осложнений при F-форме ПДР были беспрецедентными. Отдаленные результаты стандартного лечения F-формы ПДР, включавшего витрэктомию с эндолазеркоагуляцией, ИВИ ингибиторов ангиогенеза и ревизию витреальной полости с силиконовой тампонадой, можно охарактеризовать как провальные, что отмечалось и в других исследованиях [12]. Были опубликованы результаты лечения florid-ретинопатии при помощи ранней витрэктомии [13, 18], которые показывали обнадеживающие результаты. Однако, с нашей точки зрения, не все случаи из представленных авторами, учитывая данные ФАГ и фотографии сетчатки, соответствовали признакам florid-ретинопатии. На основании таких параметров, как преимущественная неоваскуляризация сетчатки и относительно небольшая площадь аваскулярных зон, согласно нашим критериям, представленные случаи следовало бы отнести к G-форме [13, 18]. Однако молниеносная ПДР является очень редкой формой, и наш принцип деления ПДР по тяжести, возможно, не самый точный. Между предложенными нами вариантами могут существовать переходные формы. Данные разногласия во многом терминологические и свидетельствуют о целесообразности принятия четких критериев, позволяющих различать варианты развития ПДР.

Кроме того, важно отметить, что в настоящем исследовании соотношение пациентов по каждой из форм было нерепрезентативным, поскольку, в связи со специализацией автора, обращаемость с наиболее тяжелыми проявлениями ПДР была значительно более высокой. Тем не менее данные, полученные в каждой из групп, могут отражать реальную ситуацию.

Результаты настоящего исследования позволяют предположить, что активная ПДР исходно развивается по разным сценариям (рис. 2). Существуют объективные признаки этих сценариев. Скорость развития ПДР может быть настолько высокой, что обычные интервалы наблюдения

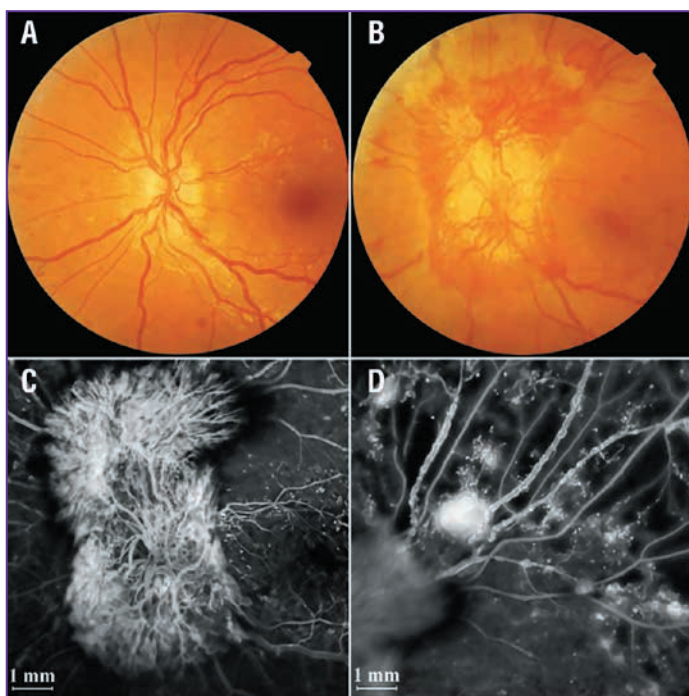


Рис. 2. Данные пациента Р., 28 лет, СД1 с 13 лет, длительность СД 15 лет.

А — фотография фрагмента глазного дна левого глаза от 30.10.2011: умеренная фоновая ДР с венозной дилатацией. В — фотография того же фрагмента глазного дна от 15.10.2012: картина тяжелой ПДР с неоваскуляризацией ДЗН большой суммарной площади (>2 площади ДЗН), тяжелая фоновая ДР. G-форма ПДР по принятой нами градации. С — данные ФАГ глаза от 10.10.2012: неососуды ДЗН. D — данные ФАГ глаза от 10.10.2012: зона верхневисочной сосудистой аркады: четкообразные вены, аваскулярные зоны, неососуды сетчатки, относительно небольшое количество микроаневризм

Fig. 2. 28-year-old patient R., DM1 onset age — 13 years, DM duration — 15 years.

A — a photo of a fundus fragment (left eye) dated 30.10.2011: underlying moderate DR associated with venous dilation. B — a photo of the same fundus fragment dated 15.10.2012: severe PDR with neovascularization of a large total area of optical disc (>2 OD areas), underlying severe DR. G-type of PDR according to the author's grading. C — the FAG data dated 10.10.2012: new vessels on the disc. D — the FAG data dated 10.10.2012: the upper temporal vascular arcade: moniliform veins, avascular zones, retinal neovessels, a relatively small number of microaneurysms

пациентов с ПДР могут быть неэффективными. Ранняя диагностика состояния глазного дна при помощи фотофиксации позволяет значительно снизить количество осложнений ДР [19]. В целях дальнейшего совершенствования стратегии лечения ПДР, вероятно, целесообразно рассматривать дифференцированный подход к разным типам течения данного процесса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящем исследовании предложены признаки, позволяющие распределить случаи ПДР по тяжести (форме) заболевания. Группы с разной тяжестью ПДР исходно значительно отличались по клинко-анамнестическим данным, особенностям течения СД, проявлениям фоновой ДР. Линейное уравнение регрессии продемонстрировало, что наиболее значимыми для диагностики формы ПДР были площадь аваскулярных зон и калибр ретинальных вен. Ни один из этих признаков не учитывается в используемых классификациях. Частота неоваскулярных осложне-

ний и отдаленные функциональные результаты витрэктомии зависели от формы ПДР. Результаты представленного исследования позволяют предположить, что активная ПДР исходно развивается по разным сценариям, что, вероятно, требует дифференцированного подхода к лечению в зависимости от формы процесса. С учетом связи функционального исхода лечения с частотой и тяжестью неоваскулярных осложнений конечный результат лечения ПДР не должен ограничиваться улучшением остроты зрения. Целью лечения целесообразно считать стойкую ремиссию пролиферативного глазного синдрома.

Литература / References

1. Нероев В.В., Зайцева О.В., Михайлова Л.А. Заболеваемость диабетической ретинопатией в Российской Федерации по данным федеральной статистики. *Российский офтальмологический журнал*. 2018;11(2):5–9. DOI: 10.21516/2072-0076-2018-11-2-5-9
2. Nereov V.V., Zaytseva O.V., Mikhailova L.A. Incidence of diabetic retinopathy in the Russian Federation according to Federal statistics. *Russian Ophthalmological Journal*. 2018;11(2):5–9 (in Russ.). DOI: 10.21516/2072-0076-2018-11-2-5-9
3. Stitt A.W., Curtis T.M., Chen M. et al. The progress in understanding and treatment of diabetic retinopathy. *Prog Retin Eye Res*. 2016;51:156–186. DOI: 10.1016/j.preteyeres.2015.08.001
4. Porta M., Sjoelie A.K., Chaturvedi N. et al. Risk factors for progression to proliferative diabetic retinopathy in the EURODIAB Prospective Complications Study. *Diabetologia*. 2001;44(12):2203–2209. DOI: 10.1007/s001250100030. PMID: 11793022
5. ACCORD Study Group; ACCORD Eye Study Group; Chew E.Y., Ambrosius W.T., Davis M.D. et al. Effects of medical therapies on retinopathy progression in type 2 diabetes. *N Engl J Med*. 2010;363(3):233–244. DOI: 10.1056/NEJMoa1001288
6. Сдобникова С.В. Закономерности естественной эволюции пролиферативного процесса при диабетической ретинопатии. Понятие ремиссии пролиферативной диабетической ретинопатии. *Офтальмология*. 2021;18(4):763–768.
7. Sdobnikova S.V. Regularities of the Natural Evolution of the Proliferative Process in Diabetic Retinopathy. The Concept of Remission of Proliferative Diabetic Retinopathy. *Ophthalmology in Russia*. 2021;18(4):763–768 (in Russ.). DOI: 10.18008/1816-5095-2021-4-763-768
8. Root H.F., Mirsky S., Ditzel J. Proliferative retinopathy in diabetes mellitus; review of eight hundred forty-seven cases. *J Am Med Assoc*. 1959;169(9):903–909. DOI: 10.1001/jama.1959.03000260001001
9. Blankenship G.W. Fifteen-year argon laser and xenon photocoagulation results of Bascom Palmer Eye Institute's patients participating in the diabetic retinopathy study. *Ophthalmology*. 1991;98(2):125–128. DOI: 10.1016/s0161-6420(91)32326-1
10. Nwanyanwu K.H., Talwar N., Gardner T.W. et al. Predicting development of proliferative diabetic retinopathy. *Diabetes Care*. 2013;36(6):1562–1568. DOI: 10.2337/dc12-0790
11. Danis R.P., Davis M.D. Proliferative diabetic retinopathy. In: Duh E.J., ed. *Diabetic retinopathy*. New Jersey: Humana Press. 2008:29–65. DOI: 10.1007/978-1-59745-563-3
12. Wilkinson C.P., Ferris F.L. 3rd, Klein R.E. et al. Proposed international clinical diabetic retinopathy and diabetic macular edema disease severity scales. *Ophthalmology*. 2003;110(9):1677–1682. DOI: 10.1016/s0161-6420(03)00475-5
13. Early Treatment Diabetic Retinopathy Study Research Group. Grading Diabetic Retinopathy from Stereoscopic Color Fundus Photographs — An Extension of the Modified Airlie House Classification: ETDRS Report Number 10. *Ophthalmology*. 2020;127(4S):S99–S119. DOI: 10.1016/j.optha.2020.01.030

12. Kohner E.M., Hamilton A.M., Joplin G.F., Fraser T.R. Florid diabetic retinopathy and its response to treatment by photocoagulation or pituitary ablation. *Diabetes*. 1976;25(2):104–110. DOI: 10.2337/diab.25.2.104
13. Lattanzio R., Brancato R., Bandello F.M. et al. Florid diabetic retinopathy (FDR): a long-term follow-up study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2001;239(3):182–187. DOI: 10.1007/s004170100261
14. Beetham W.P. Visual prognosis of proliferating diabetic retinopathy. *Br J Ophthalmol*. 1963;47(10):611–619. DOI: 10.1136/bjo.47.10.611
15. Сдобникова С.В., Махотин С.С., Дорохина Н.Ю. и др. Роль ретинальных сосудистых реакций в развитии и регрессе диабетической ретинопатии. *Офтальмология*. 2024;21(4):723–731. DOI: 10.18008/1816-5095-2024-4-723-731
- Sdobnikova S.V., Makhotin S.S., Dorokhina N.Y. et al. The Role of Retinal Vascular Reactions in the Development and Regression of Diabetic Retinopathy. *Ophthalmology in Russia*. 2024;21(4):723–731 (in Russ.). DOI: 10.18008/1816-5095-2024-4-723-731
16. Cunha-Vaz J.G. Diabetic retinopathy. Singapore: World Scientific Publishing; 2010.
17. Shimizu K., Kobayashi Y., Muraoka K. Midperipheral fundus involvement in diabetic retinopathy. *Ophthalmology*. 1981;88(7):601–612. DOI: 10.1016/s0161-6420(81)34983-5
18. Favard C., Guyot-Argenton C., Assouline M. et al. Full panretinal photocoagulation and early vitrectomy improve prognosis of florid diabetic retinopathy. *Ophthalmology*. 1996;103(4):561–574. DOI: 10.1016/s0161-6420(96)30652-0
19. Чупров А.Д., Лолицкий А.О., Фирсов А.С., Мальгин К.В. Экономическая эффективность модели скрининга диабетической ретинопатии в Оренбургской области. *Медицина*. 2019;3(27):92–103. DOI: 10.29234/2308-9113-2019-7-3-92-103
- Chuprov A.D., Lositsky A.O., Firsov A.S., Malgin K.V. Economic effect of a screening model for diabetic retinopathy in the Orenburg region. *Medicine*. 2019;3(27):92–103 (in Russ.). DOI: 10.29234/2308-9113-2019-7-3-92-103

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Сдобникова Светлана Владиленовна — к.м.н., старший научный сотрудник МНОИ МГУ; 119192, Россия, г. Москва, Ломоносовский пр-т, д. 27, корп. 10; ORCID iD: 0009-0000-9067-3863

Контактная информация: Сдобникова Светлана Владиленовна, e-mail: sdobnikova_sv@mail.ru

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

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 13.02.2025.

Поступила после рецензирования 10.03.2025.

Принята в печать 02.04.2025.

ABOUT THE AUTHOR:

Svetlana V. Sdobnikova — C. Sc. (Med.), Senior Scientific Officer, Medical Research & Educational Institute, Moscow State University; 27, build. 10, Lomonosovskiy ave., Moscow, 119192, Russian Federation; ORCID iD: 0009-0000-9067-3863

Contact information: Svetlana V. Sdobnikova, e-mail: sdobnikova_sv@mail.ru

Financial Disclosure: the author does not have a financial or property interest in any material or method mentioned.

There is no conflict of interest.

Received 13.02.2025.

Revised 10.03.2025.

Accepted 02.04.2025.

DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-11

Комплексный подход в лечении хронической формы центральной серозной хориоретинопатии с использованием комбинированной лазерной терапии

А.Ю. Тихонова¹, Н.А. Поздеева^{1,2}

¹Чебоксарский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Чебоксары, Российская Федерация
²ГАУ ДПО «Институт усовершенствования врачей» Минздрава Чувашии, Чебоксары, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: оценка эффективности комбинированного лечения хронической формы центральной серозной хориоретинопатии (ЦСХ) при использовании лазерного воздействия разных длин волн: сочетание транспупиллярной термотерапии диска зрительного нерва (ТТТ ДЗН) с микроимпульсным лазерным воздействием на зону отслойки нейросенсорной сетчатки в отдаленном периоде.

Материал и методы: все пациенты были разделены на две группы: I группа (экспериментальная) — пациенты (n=34, 34 глаза), в лечении которых применялось одномоментное лазерное воздействие с длиной волны 577 нм в микроимпульсном режиме с однократной ТТТ ДЗН с длиной волны 810 нм, II группа (контрольная) — пациенты (n=35, 35 глаз), для лечения которых использовалось лазерное воздействие с длиной волны 577 нм в микроимпульсном режиме. Всем пациентам помимо стандартных методов обследования проводилась оценка линейной скорости кровотока (ЛСК) в задних коротких цилиарных артериях при помощи цветового доплеровского картирования (ЦДК) сосудов глаза, коротковолновая аутофлюоресценция для определения площади поражения ретинального пигментного эпителия. Срок наблюдения за пациентами составил не менее 24 мес.

Результаты исследования: у пациентов I группы отмечали улучшение остроты зрения через 1 мес. от начала терапии в 79% случаев, тогда как у пациентов II группы — в 61% случаев ($p<0,05$). Более того, полученное повышение максимальной корригированной остроты зрения в I группе сохранялось через 24 мес. после лечения — улучшение в сравнении с исходными данными наблюдали в 74% случаев, тогда как во II группе — лишь в 52% ($p<0,05$). Заметное улучшение ЛСК в бассейне задних коротких цилиарных артерий по данным ЦДК также наблюдалось в I группе, особенно через 1 мес. после лечения, — ЛСК возросла на 42%, во II группе ЛСК существенно не менялась ($p<0,05$). Повышение ЛСК в бассейне задних коротких цилиарных артерий сохранялось на протяжении 6 мес. после лечения.

Заключение: применение предложенной комбинированной методики лечения показало более высокую клинико-функциональную эффективность в лечении хронической формы ЦСХ, кроме того, были достигнуты более высокие функциональные результаты в послеоперационном периоде.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: хроническая центральная серозная хориоретинопатия, диодный лазер, транспупиллярная термотерапия, хориоидальная ишемия, субпороговое микроимпульсное лазерное воздействие, задние короткие цилиарные артерии, коротковолновая аутофлюоресценция.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Тихонова А.Ю., Поздеева Н.А. Комплексный подход в лечении хронической формы центральной серозной хориоретинопатии с использованием комбинированной лазерной терапии. Клиническая офтальмология. 2025;25(спецвыпуск):76–81. DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-11

Integrated method to the treatment of chronic central serous chorioretinopathy using combined laser therapy

A.Yu. Tikhonova¹, N.A. Pozdeeva^{1,2}

¹Cheboksary Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Cheboksary, Russian Federation

²Institute of Advanced Medical Training with Continuing Professional Education, Cheboksary, Russian Federation

ABSTRACT

Aim: to evaluate the clinical efficacy of a combined treatment tactics for chronic central serous chorioretinopathy (CSC), utilizing laser therapy at different wavelengths. This approach involved transpupillary thermal therapy (TTT) targeting the optic nerve disc (OND) in conjunction with subthreshold micropulse laser treatment applied to the area of neurosensory retinal detachment, with outcomes assessed over the long term.

Materials and Methods: the study included participants divided into two groups. Group I (study group) comprised 34 patients (34 eyes) treated with a dual-laser approach: subthreshold micropulse laser therapy at a 577 nm wavelength combined with TTT using a continuous wave laser at an 810 nm wavelength. Group II (control group) consisted of 35 patients (35 eyes) treated with 577 nm subthreshold micropulse laser therapy alone. In addition to standard ophthalmological assessments, all patients underwent advanced imaging and functional testing. These included the measurement of linear blood flow velocity (LBFV) in the short posterior ciliary arteries (SPCAs) using color Doppler

mapping (CDM) for ocular vascular evaluation, as well as short-wavelength autofluorescence imaging to determine the extent of retinal pigment epithelium (RPE) damage. Patients were followed for a minimum of 24 months after treatment.

Results: in group I, 79% of patients showed improvement in best-corrected visual acuity (BCVA) within one month of initiating therapy, compared to 61% in group II ($p < 0.05$). The improvement in BCVA achieved in group I remained significant at 24 months post-treatment, with 74% of patients maintaining visual gains compared to baseline, whereas only 52% of patients in group II exhibited similar long-term improvements ($p < 0.05$). Analysis of LBFV in the SPCAs revealed a significant increase in group I, particularly at one month post-treatment, where LBFV rose by 42% compared to baseline. In contrast, group II exhibited no statistically significant changes in LBFV ($p < 0.05$). Furthermore, the observed improvements in LBFV were sustained in group I for up to six months following treatment.

Conclusion: the proposed combined laser treatment approach demonstrated superior clinical and functional efficacy in managing chronic CSC. Moreover, it was associated with significantly better functional outcomes in the long-term postoperative period.

KEYWORDS: chronic central serous chorioretinopathy, diode laser, transupillary thermotherapy, choroidal ischemia, subthreshold micropulse laser exposure, short posterior ciliary arteries, short-wave autofluorescence.

FOR CITATION: Tikhonova A.Yu., Pozdeeva N.A. Integrated method to the treatment of chronic central serous chorioretinopathy using combined laser therapy. *Russian Journal of Clinical Ophthalmology*. 2025;25(Special Issue):76–81 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Sup-pl-11

ВВЕДЕНИЕ

Центральная серозная хориоретинопатия (ЦСХ) — весьма распространенная группа полиморфных синдромов, основной характеристикой которых является серозная отслойка нейросенсорной сетчатки (НСС) и/или ретинального пигментного эпителия (РПЭ) в макулярной зоне. Существующая проблема диагностики и лечения ЦСХ на сегодняшний день определяется ростом заболеваемости, развитием патологии, как правило, у лиц молодого и работоспособного возраста и тенденцией к хронизации патологического процесса. В большинстве случаев ЦСХ протекает благоприятно: острая форма заболевания более чем в 60–70% случаев самопроизвольно или в результате лечения подвергается регрессу и имеет благоприятный долгосрочный прогноз в отношении зрительных функций. Но в 30–35% случаев патологический процесс имеет рецидивирующее течение, а в 20% случаев заболевание хронизируется, приводя к высокому риску развития таких осложнений, как формирование задней цистовидной дегенерации, атрофии и апоптозу РПЭ и фоторецепторов сетчатки, в далеко зашедших случаях — к формированию макулярной неоваскуляризации [1]. Данные структурные изменения сетчатки приводят к существенной, а иногда необратимой потере остроты зрения. У пациентов с такой патологией снижается качество жизни, теряется профессиональная квалификация из-за появления центрального дефекта поля зрения, метаморфопсий, нарушений цветного и бинокулярного зрения, изменений контрастной чувствительности. В конечном итоге указанные изменения могут приводить к инвалидизации работоспособного населения и, как следствие, к значительным финансовым потерям при лечении [1, 2]. Кроме того, ЦСХ может носить билатеральный характер, который наблюдается в 40% случаев при хронической форме. При острой форме данной патологии двустороннее поражение встречается всего в 4% случаев [1].

Основным звеном патогенеза ЦСХ является сочетание повышенной проницаемости, расширения хориокапилляров с образованием дефектов в мембране Бруха и альтерации РПЭ. Возникающее при этом нарушение транспортной и барьерной функций РПЭ является причиной появления просачивания и формирования отслойки РПЭ и НСС [1, 3]. При хронической ЦСХ по результатам флюоресцентной ангиографии сетчатки (ФАГ) выявляются множественные, зачастую нечеткие фокусы гипефлюоресценции, при этом ни один из этих участков может не иметь активного ликеджа, что свидетельствует о диффузном характере поражения РПЭ. Именно поэтому проведение фокальной лазер-

ной коагуляции зон просачивания становится сложным, а зачастую и невозможным. Известным методом лечения ЦСХ является микроимпульсное лазерное воздействие в субпороговом режиме (СМИЛВ) — воздействие с длиной волны 577 нм на пораженную область сетчатки, при этом лазерные аппликации наносят по всей площади поражения — в области декомпенсации и отслойки РПЭ и НСС. Данный метод заключается в сублетальном умеренном подъеме температуры в зоне воздействия, аксиально ограниченной клетками РПЭ, что приводит, в свою очередь, к выработке и активации внутриклеточных антиангиогенных и восстановительных биологических факторов, без явлений фотодеструкции НСС. Достаточная эффективность и отсутствие осложнений описанной методики подтверждаются многими исследованиями. Однако в случае хронической формы ЦСХ, когда повреждения сетчатки носят диффузный характер (при этом зоны деструкции, гиперплазии и атрофических изменений РПЭ могут быть значительными по площади), применение СМИЛВ в виде монотерапии зачастую малоэффективно [4–6].

Исследование D. Guyer et al. [7], в котором было доказано, что в основе хронизации патологического процесса при ЦСХ лежит развитие хориоидальной ишемии, ведущей к альтерации и пролиферации РПЭ и, как следствие, его атрофическим изменениям, до сих пор не теряет своей актуальности. Качественное влияние на микроциркуляцию хориоидеи области макулы и перипапиллярной сетчатки для устранения сосудистых нарушений является патогенетически обоснованным в лечении хронической ЦСХ и приводит к уменьшению ишемических повреждений, стабилизации сосудистой стенки, снижению сосудистой проницаемости. Это, в свою очередь, приводит к активации обменных процессов, что ускоряет резорбцию субретинальной жидкости под НСС в макулярной зоне сетчатки.

Недостаточность кровотока в слое хориокапилляров подтверждается данными цветового доплеровского картирования (ЦДК). Данный метод позволяет количественно фиксировать и анализировать степень гемодинамических изменений микроциркуляции хориокапиллярного русла. Доказано, что у пациентов с хронической ЦСХ линейная скорость кровотока (ЛСК) в сосудах хориоидеи в среднем на 45% ниже, чем у пациентов со здоровыми глазами [8–10].

Существует метод лечения хронической ЦСХ, при котором применяется инфракрасное лазерное воздействие субпороговой мощности в течение продолжительного времени в непрерывном режиме на область диска зри-

тельного нерва (ДЗН) и перипапиллярную зону сетчатки, известный, как транспупиллярная термотерапия (ТТТ). При этом температура в зоне облучения повышается на 4–6° от исходных значений [8, 9]. Возникшая в результате лазерного воздействия температурная реакция не приводит к повреждению тканей, но запускает целый каскад позитивных изменений для реализации терапевтического воздействия: помимо сосудорасширяющего действия и положительного влияния на гемодинамику и микроциркуляцию хориокапиллярного слоя активируются трофические процессы в сетчатке, улучшается функциональная способность РПЭ, возрастают антиоксидантные резервы. Кроме того, локальная гипертермия стимулирует выработку белков теплового шока, играющих важную роль в защите ганглиозных клеток сетчатки в условиях гипоксии и обладающих прямым нейропротекторным действием [10–12].

Терапевтические эффекты, достигаемые при применении ТТТ, позволяют эффективно воздействовать на патогенетические механизмы, лежащие в основе заболеваний, основным звеном патогенеза которых является хориоидальная ишемия. Следовательно, данный метод может быть актуальным и результативным в лечении хронической ЦСХ [11, 12]. Однако, несмотря на доказанную эффективность и патогенетическую направленность механизма ТТТ ДЗН при хронической форме ЦСХ, данный метод на сегодняшний день не получил широкой клинической распространенности. Поэтому именно комбинация методик, направленных на ускорение резорбции субретинальной жидкости и стабилизации патологического процесса, представляется перспективной в лечении хронической ЦСХ. Комплексный и дифференцированный подход особенно важен при лечении хронической ЦСХ, ассоциированной с выраженными и значительными по площади изменениями РПЭ, когда изолированные методы лечения могут быть неэффективными.

Цель исследования — оценка эффективности ТТТ на область ДЗН в комбинации с лазерным воздействием в микроимпульсном режиме на область отслойки НСС при лечении пациентов с хронической формой ЦСХ в отдаленном периоде.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

С декабря 2020 г. по февраль 2024 г. было пролечено 69 пациентов (69 глаз) с хронической ЦСХ. Средний возраст пациентов составил $37 \pm 2,7$ года. Пациенты в зависимости от способа лечения были разделены на 2 группы:

I группа (экспериментальная) — пациенты ($n=34$, 34 глаза), в лечении которых применялось одномоментное использование лазерного воздействия длиной волны 577 нм в микроимпульсном режиме с однократной ТТТ ДЗН с длиной волны 810 нм;

II группа (контрольная) — пациенты ($n=35$, 35 глаз), в лечении которых использовалось лазерное воздействие с длиной волны 577 нм в микроимпульсном режиме.

Срок наблюдения составил не менее 24 мес. с динамическими осмотрами через 1, 3, 12 и 24 мес. после лечения.

Всем пациентам была проведена комплексная офтальмологическая диагностика, включающая стандартные методы: определение некорригированной и максимальной корригированной остроты зрения (МКОЗ), тонометрию, биомикроскопия переднего отрезка глаза, офтальмоско-

пию, а также специальные методы обследования: оптическую когерентную томографию (ОКТ) на приборе RTVue XR (Optovue Inc., США), включающую сканирование в ангиорежиме, фотографирование глазного дна, в том числе в режиме коротковолновой аутофлюоресценции (АФ) с использованием фундус-камеры Canon CX-1 UVI (Canon Inc., Япония), исследование центральной светочувствительности сетчатки при помощи микропериметра MP-1 (NIDEK, Япония), цветового доплеровского картирования (ЦДК) сосудов глаза с помощью портативного ультразвукового сканера (LOGIQe, Китай).

Исходная МКОЗ в I группе составила $0,39 \pm 0,04$, во II группе — $0,42 \pm 0,05$. У всех пациентов при проведении ОКТ определялись отслойка НСС различной высоты и площади, зоны деструкции, локальных отслоек и гиперплазии РПЭ. Ангио-ОКТ была выполнена для исключения скрытой хориоретинальной неоваскуляризации — выявление признаков патологического кровотока являлось критерием исключения пациентов из исследования. Оценка данных коротковолновой АФ позволила определить повреждения РПЭ центральной зоны сетчатки различной площади. Распределение пациентов между группами комбинированного лечения и лазерной монотерапии осуществлялось по результатам оценки данных АФ по запатентованной методике [13]. При этом в I группу, в лечении которой применялась комбинированная методика, вошли пациенты, у которых были выявлены обширные зоны альтерации РПЭ, превышающие по площади 1 диаметр ДЗН (ДДЗН), поскольку применение изолированного СМЛВ могло быть малоэффективным. Средняя площадь повреждения РПЭ в этой группе составила в среднем 1,9 ДДЗН и была максимально выражена в зоне отслойки НСС в фовеолярной области, во II группе этот показатель составил в среднем 0,7 ДДЗН ($p < 0,05$).

Исследуемые группы пациентов не различались по остроте зрения, толщине сетчатки, данным светочувствительности центральной зоны сетчатки (см. таблицу). Анализ представленных данных подтвердил отсутствие статистически значимых различий между ними ($p > 0,05$), что свидетельствует о сопоставимости групп. Оценка ЦДК у всех пациентов определила умеренное и значительное снижение ЛСК в бассейне задних коротких цилиарных артерий (ЗКЦА) в глазах с хронической ЦСХ в сравнении с парными непораженными глазами и с нормативными данными — так, в I группе этот показатель составил $11,0 \pm 0,04$ см/с, во II группе — $12,1 \pm 0,03$ см/с ($p = 0,037$) (норма 12,5–16,0 см/с). Данный исходный показатель в сравниваемых группах демонстрировал статистически значимую разницу, поскольку I группу в большей степени составили пациенты, имеющие значительные структурные изменения РПЭ по данным АФ, следовательно, и более значимые гемодинамические нарушения, при которых применение изолированного СМЛВ могло быть недостаточно эффективным. Проведение ЦДК требовало определенных условий: исследование проводилось в состоянии физического и эмоционального покоя пациента, перед ЦДК исключался прием вазоактивных и тонизирующих препаратов, крепкого чая и кофе.

В группе сочетанного лечения пациентам с хронической ЦСХ была дополнительно к микроимпульсному воздействию на зону отслойки НСС в макулярной зоне, выполняемому на лазерной установке EasyRet 577 (Quantel Medical, Франция) по стандартным параметрам, однократно вы-

Таблица. Значения исследуемых параметров у пациентов с хронической ЦСХ до и после лечения**Table.** Studied parameters in patients with chronic CSC before and after treatment

Группа Group	До лечения Before treatment	Через 1 мес. After 1 month	Через 3 мес. After 3 months	Через 6 мес. After 6 months	Через 12 мес. After 12 months	Через 24 мес. After 24 months
МКОЗ / Maximal corrected visual acuity (MCVA)						
I группа / I group	0,39±0,04 (0,3–0,6)	0,57±0,11 (0,4–0,7)	0,68±0,06 (0,5–0,8)	0,75±0,07 (0,6–0,9)	0,72±0,05 (0,6–0,8)	0,76±0,03 (0,7–0,8)
II группа / II group	0,42±0,05 (0,3–0,6)	0,49±0,09 (0,3–0,6)	0,54±0,04 (0,5–0,6)	0,63±0,06 (0,4–0,7)	0,69±0,06 (0,5–0,8)	0,63±0,04 (0,5–0,7)
Значение p / p-value	>0,05	0,040	0,023	0,027	0,030	0,036
Толщина НСС, мкм / Neurosensory retinal thickness, μm						
I группа / I group	457±26 (346–502)	332±19 (270–358)	257±36 (201–298)	201±20 (177–253)	211±24 (170–256)	205±19 (172–221)
II группа / II group	493±27 (367–517)	398±31 (327–424)	279±26 (256–312)	231±23 (198–279)	268±31 (223–301)	280±41 (212–323)
Значение p / p-value	>0,05	0,027	0,039	0,041	0,036	0,040
Светочувствительность сетчатки, dB / Retinal photosensitivity, dB						
I группа / I group	12,7±0,06 (11,5–13,6)	13,02±0,04 (12,7–14,8)	14,3±0,08 (13,8–16,9)	14,1±0,04 (12,7–16,0)	14,7±0,05 (12,9–16,3)	14,5±0,04 (13,1–16,2)
II группа / II group	12,2±0,08 (11,0–13,1)	12,9±0,05 (12,3–13,5)	13,8±0,08 (13,1–15,1)	13,6±0,06 (12,9–15,2)	13,8±0,08 (12,8–15,6)	13,9±0,06 (13,3–15,9)
Значение p / p-value	>0,05	0,040	0,043	0,040	0,027	0,044
ЛСК в ЗКЦА, см/с / Linear blood flow velocity (LBFV) in the short posterior ciliary arteries (SPCAs), cm/s						
I группа / I group	11,0±0,0 (10,8–11,9)	15,1±0,0 (11,7–16,9)	12,8±0,0 (11,2–12,9)	12,1±0,0 (11,1–12,8)	11,9±0,0 (11,2–12,3)	11,5±0,08 (11,0–12,5)
II группа / II group	12,1±0,03 (11,5–13,3)	12,6±0,09 (11,9–13,6)	11,9±0,05 (11,3–12,7)	11,3±0,06 (10,7–12,5)	11,5±0,05 (10,5–12,4)	11,3±0,07 (10,8–12,3)
Значение p / p-value	0,037	0,017	0,027	0,041	>0,05	>0,05

полнена ТТТ ДЗН. ТТТ ДЗН проводилась с использованием инфракрасного диодного лазера IRIDEX IQ 810 (США) под местной анестезией 0,4% оксибупрокаинном при помощи контактной лазерной линзы Reichel-Mainster 1X (0,95х). Средняя мощность излучения составила 460 мВт, экспозиция — 60–70 с, диаметр лазерного пятна — 1800 мкм, количество сеансов — 1.

Статистическую обработку данных выполняли с использованием программы 10.0 (StatSoft Inc., США). Проверка нормальности распределений осуществлялась с использованием критерия Шапиро — Уилка. Данные представлены в процентных соотношениях, а также в виде $M \pm \sigma$ (Min-Max), где M — среднее значение, σ — стандартное отклонение, Min и Max — минимальное и максимальное значения. Для оценки значимости различий использовали параметрический t-критерий Стьюдента. Статистически значимыми признавали различия при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты проведенных исследований были статистически обработаны и представлены в таблице.

В обеих группах пациентов после лечения наблюдалось клинически значимое улучшение средних показателей МКОЗ до 6 мес. послеоперационного наблюдения ($p < 0,05$). В последующие сроки (вплоть до 24 мес.) отмечалась стабилизация значений МКОЗ. Однако у пациентов I группы имело место улучшение остроты зре-

ния через 1 мес. от начала терапии в 79% случаев, тогда как у пациентов II группы — в 61% случаев ($p < 0,05$). Кроме того, высокий результат МКОЗ в I группе сохранялся и через 24 мес. после лечения — улучшение от исходных значений наблюдалось в 74% случаев, тогда как во II группе — лишь в 52% ($p < 0,05$).

Толщина сетчатки, определяемая на уровне максимальных значений НСС, заметно уменьшилась в I группе практически в 86% случаев, причем достигнутый результат сохранялся на том же уровне и через 24 мес. после лечения. Данные ОКТ демонстрировали заметное уменьшение толщины сетчатки в пролеченном глазу в I группе (среднее уменьшение — на 232 μ m) через 3 мес. наблюдения по сравнению с исходными данными, в II группе эта величина составила 127 μ m ($p < 0,05$).

Светочувствительность сетчатки в I группе улучшилась практически в 70% случаев в первые 6 мес. после лечения, но далее продемонстрировала снижение показателей на 15% через 1 год наблюдения. Во II группе улучшение светочувствительности было отмечено в 56% случаев с последующим сохранением полученных результатов в течение всего периода наблюдения.

Заметное улучшение ЛСК в бассейне ЗКЦА по данным ЦДК также наблюдалось в группе комбинированного лечения: ЛСК возросла на 42% через 1 мес. от проведенного лечения, во II группе ЛСК существенно не менялась. Улучшение кровотока в I группе достоверно сохранялось на протяжении 6 мес. после лечения. Однако было отмечено

отсутствие статистически значимой разницы в ЛСК в бассейне ЗКЦА в обеих группах через 12 мес. после лечения и в более отдаленные сроки наблюдения ($p > 0,05$). В I группе в течение 12 мес. наблюдения были выявлены рецидивы заболевания в 18% случаев, тогда как во II группе рецидивы наблюдались в 25% случаев ($p < 0,05$), однако к 24-му месяцу наблюдения данный показатель составил 20 и 32% соответственно ($p < 0,05$).

После процедуры ТТТ ДЗН на отдаленных сроках наблюдения заметных изменений перипапиллярной сетчатки в зоне воздействия по данным офтальмоскопии и ОКТ выявлено не было.

Обсуждение

Лечение хронической формы ЦСХ является сложной и в некоторых случаях труднорешаемой задачей. Существование длительной локальной ишемии на уровне хориокапилляриса приводит к альтерации РПЭ и увеличению числа рецидивов.

Ранее представленные нами сравнительные исследования терапевтического воздействия ТТТ ДЗН и СМЛВ показали потенциальное преимущество термотерапии в отношении улучшения кровотока на уровне ЗКЦА, однако они не носили статистически значимый характер [14]. Определяемая статистическая разница в исходных значениях по данным ЛСК в ЗКЦА в сравниваемых группах объясняется более выраженными структурными изменениями РПЭ центральной зоны сетчатки, значимыми гемодинамическими нарушениями хориокапиллярного слоя у пациентов, входящих в группу комбинированного лечения, когда предполагалось, что применение изолированного СМЛВ могло быть недостаточно эффективным. Использование дифференцированного подхода к распределению пациентов в группы и выбору способа лечения продемонстрировало высокую эффективность комбинированного метода, несмотря на исходную большую площадь поражения РПЭ в I группе пациентов. Настоящее клиническое наблюдение большего количества пациентов в течение длительного периода времени (более 24 мес.) позволило подтвердить долгосрочный (в течение 6 мес. после лечения) характер улучшения ЛСК в ЗКЦА, что ранее определялось на уровне тенденций. Так, через 1 мес. в I группе региональный кровоток улучшился на 42% от исходного. Полученные результаты сохранялись через 6 мес. от начала лечения, выравнивались в группах исследования к 12 мес. наблюдения и далее уже не имели статистически значимой разницы.

Большая выборка пациентов и длительный срок наблюдения, а также анализ площади поражения РПЭ по данным АФ позволили нам дифференцированно подходить к лечению пациентов с хронической ЦСХ, определяя показания к комбинированному методу лечения, что позволило получить хороший функциональный результат у пациентов с исходно более выраженными структурными морфофункциональными нарушениями комплекса РПЭ — хориоидея. Нивелирование полученного результата в виде снижения ЛСК требует разработки алгоритма проведения повторных процедур ТТТ ДЗН у пациентов с хронической ЦСХ с целью улучшения кровотока в хориокапиллярном слое, определения значимого уровня снижения ЛСК в ЗКЦА для профилактики возможных рецидивов.

Несмотря на временный характер улучшения ЛСК, который является вполне закономерным, нами отмечена ранее не наблюдаемая клинически значимая разница в частоте рецидивов в группах. Вероятно, это связано с благоприятным влиянием улучшения кровообращения в слое хориокапилляров и, как следствие, с положительным воздействием на барьерную, транспортную, насосную и цитокин-продуцирующую функции РПЭ, даже если это улучшение носит временный характер и, несомненно, положительно влияет на уменьшение количества рецидивов хронической ЦСХ и снижение скорости прогрессирования альтерации РПЭ. Проведение комбинированного лечения хронической ЦСХ было значимо ассоциировано с меньшим числом рецидивов заболевания на протяжении всего периода наблюдения по сравнению с группой монотерапии ($p < 0,05$). Эффективность и безопасность предложенной технологии комбинированного лечения подтверждаются также улучшением зрительных функций и светочувствительности сетчатки на фоне проводимого лечения.

Таким образом, влияние ТТТ ДЗН на патогенетический механизм течения хронической ЦСХ в комбинации с СМЛВ может рассматриваться как перспективный способ курации данной группы пациентов с получением лучших функциональных показателей и возможностью влиять на частоту рецидивов данного заболевания.

Заключение

Предложенная комбинированная методика лечения хронической формы ЦСХ показала более высокую клинко-функциональную эффективность по сравнению с классической методикой лечения пациентов с помощью микроимпульсных лазерных вмешательств — благодаря влиянию на патогенетические важные аспекты хориоидальной ишемии, лежащие в основе данного заболевания. Однако улучшение гемодинамических показателей носит обратимый характер, в 93% случаев показатели возвращаются к исходным значениям через 6 мес. после проведенного лечения, что требует разработки протокола повторных процедур ТТТ ДЗН.

Увеличение выборки пациентов и длительный срок наблюдения, а также дифференцированный подход к лечению позволили подтвердить ранее выявленные закономерности, связанные с ЛСК в ЗКЦА, и обнаружить достоверное влияние комбинированного способа лечения на частоту рецидивов заболевания. Таким образом, применение комбинированного метода лазерного лечения хронической ЦСХ может рассматриваться в качестве альтернативного метода лечения у пациентов с выраженными структурными изменениями РПЭ, когда изолированное применение СМЛВ ожидаемо менее эффективно.

Литература / References

1. Gass J.M.D., Little H. Bilateral bullous exudative retinal detachment complicating idiopathic central serous chorioretinopathy during systemic corticosteroid therapy. *Ophthalmology*. 1995;102:737–747. DOI: 10.1016/s0161-6420(95)30960-8
 2. Кацнельсон Л.А., Форофонов Т.И., Бунин А.А. Сосудистые заболевания глаз. М.: Медицина; 1990.
- Caznelson L.A., Foronova T.I., Bunin A.Y. Vascular eye diseases. M.: Medicine; 1990 (in Russ.).

3. Hee M.R., Puliafito C.A., Wong C. Optical coherence tomography of central serous chorioretinopathy. *Am J Ophthalmol.* 1995;120:65–74. DOI: 10.1016/s0002-9394(14)73760-2
4. Дракон А.К., Патеюк Л.С., Шелудченко В.М., Корчажкина Н.Б. Современные подходы в лечении центральной серозной хориоретинопатии. Обзор. *Офтальмология.* 2021;18(3S):660–665. DOI: 10.18008/1816-5095-2021-3S-660-665
- Drakon A.K., Pateyuk L.S., Sheludchenko V.M., Korchazhkina N.B. Current Approach to Treatment for Central Serous Chorioretinopathy. Review. *Ophthalmology in Russia.* 2021;18(3S):660–665 (in Russ.). DOI: 10.18008/1816-5095-2021-3S-660-665
5. Tittl M., Polska E., Kircher K. et al. Topical fundus pulsation measurement in patients with active central serous chorioretinopathy. *Arch Ophthalmol.* 2003;121:975–997. DOI: 10.1001/archophth.121.7.975
6. Володин П.Л., Дога А.В., Иванова Е.В. и др. Персонализированный подход к лечению хронической центральной серозной хориоретинопатии на основе навигационной технологии микроимпульсного лазерного воздействия. *Офтальмология.* 2018;15(4):394–404. DOI: 10.18008/1816-5095-2018-4-394-404
- Volodin P.L., Doga A.V., Ivanova E.V. et al. The Personalized Approach to the Chronic Central Serous Chorioretinopathy Treatment Based on the Navigated Micropulse Laser Technology. *Ophthalmology in Russia.* 2018;15(4):394–404 (in Russ.). DOI: 10.18008/1816-5095-2018-4-394-404
7. Guyer D.R., Yannuzzi L.A., Slakter J.S. et al. Digital indocyanine green videoangiography of central serous chorioretinopathy. *Arch Ophthalmol.* 1994;112:1057–1062. DOI: 10.1001/archophth.1994.01090200063023
8. Злобина А.Н., Юрьева Т.Н. Центральная серозная хориоретинопатия. В кн.: Лазерная хирургия сосудистой патологии глазного дна. Под ред. А.Г. Шуко. М.: Офтальмология; 2014:158–175. DOI: 10.18008/1816-5095-2018-3-294-302
- Zlobina A.N., Yureva T.N. Central serous chorioretinopathy. In: Laser surgery of vascular pathology of the fundus. Shuko A.G., ed. M.: Ophthalmology; 2014:158–175 (in Russ.). DOI: 10.18008/1816-5095-2018-3-294-302
9. Шиналиева О.Н. Лазерная транспупиллярная термотерапия в офтальмологии. VII Всероссийская школа офтальмолога: сборник науч. трудов. М.; 2008:487–489.
- Shinalieva O.N. Laser transpupillary thermotherapy in ophthalmology. In: VII All-Russian School of Ophthalmologist: collection of scientific works. M.; 2008:487–489 (in Russ.).
10. Lanzetta P., Dorin G., Pirracchio A., Bandello F. Theoretical bases of non-ophthalmoscopically visible endpoint photocoagulation. *Semin Ophthalmol.* 2001;16(1):8–11. DOI: 10.1076/soph.16.1.8.4216
11. Mainster M.A. Wavelength selection in macular photocoagulation: tissue optics, thermal effects and laser systems. *Ophthalmology.* 1986;93(7):952–958. DOI: 10.1016/s0161-6420(86)33637-6
12. Desmettre T., Maurage C.A., Mordon S. Transpupillary thermotherapy (TTT) with short duration laser exposures induce heat shockprotein (HSP) hyperexpression on chorioretinal layers. *Lasers Surg Med.* 2003;33:102–107. DOI: 10.1002/lsm.1019313
13. Тихонова А.Ю., Поздеева Н.А. Способ дифференцированного подхода к хирургическому лечению хронической формы центральной серозной хориоретинопатии. Патент на изобретение № 2024107272. Оpubл. 18.07.2024. Бюл. № 20.
- Tikhonova A.Yu., Pozdeeva N.A. A method of a differentiated approach to the surgical treatment of the chronic form of central serous chorioretinopathy. Patent No. 2024107272; Publ. 18.07.2024. Bull. № 20.
14. Тихонова А.Ю., Поздеева Н.А., Паштаев Н.П. Наш опыт комбинированной терапии хронической формы центральной серозной хориоретинопатии при помощи лазерного воздействия разных длин волн. *Acta biomedica scientifica.* 2022;7(4):95–100. DOI: 10.29413/ABS.2022-7.4.11
- Tikhonova A.Y., Pozdeeva N.A., Pashtae N.P. Our experience in combination therapy of the chronic form of central serous chorioretinopathy using laser exposure of different wavelengths. *Acta biomedica scientifica.* 2022;7(4):95–100 (in Russ.). DOI: 10.29413/ABS.2022-7.4.11

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Тихонова Анна Юрьевна — врач-офтальмолог отделения лазерной хирургии сетчатки Чебоксарского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 428028, Россия, г. Чебоксары, пр-т Тракторостроителей, д. 10; ORCID iD 0000-0003-2632-8189

Поздеева Надежда Александровна — д.м.н., профессор, директор Чебоксарского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 428028, Россия, г. Чебоксары, пр-т Тракторостроителей, д. 10; профессор курса офтальмологии на кафедре хирургии ГАУ ДПО «Институт усовершенствования врачей» Минздрава Чувашии; 428018, Россия, г. Чебоксары, ул. М. Сеспеля, д. 27; ORCID iD 0000-0003-3637-3645

Контактная информация: Тихонова Анна Юрьевна, e-mail: ankap21@mail.ru

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

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 20.11.2024.

Поступила после рецензирования 13.12.2024.

Принята в печать 15.01.2025.

ABOUT THE AUTHORS:

Anna Yu. Tikhonova — ophthalmologist at the Department of Retinal Laser Surgery, Cheboksary Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 10, Traktorstroiteley ave., Cheboksary, 428028, Russian Federation; ORCID iD 0000-0003-2632-8189

Nadezhda A. Pozdeeva — Dr. Sc. (Med.), Professor, Director of Cheboksary Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 10, Traktorstroiteley ave., Cheboksary, 428028, Russian Federation; Professor of Ophthalmology at the Department of Surgery, Institute of Advanced Medical Training with Continuing Professional Education; 27, M. Sespelya str., Cheboksary, 428018, Russian Federation; ORCID iD 0000-0003-3637-3645

Contact information: Anna Yu. Tikhonova, e-mail: ankap21@mail.ru

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

There is no conflict of interest.

Received 20.11.2024.

Revised 13.12.2024.

Accepted 15.01.2025.

DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-12

Первый опыт применения фрагмента внутренней пограничной мембраны и обогащенной тромбоцитами аутоплазмы без тампонады витреальной полости в хирургии сквозного макулярного разрыва (предварительные результаты)

Н.М. Шилов¹, А.В. Терещенко^{1,2}, М.А. Плахотный¹, Н.Н. Юдина¹, С.В. Новиков¹,
С.Ж. Кабулдинова¹

¹Калужский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова»
Минздрава России, Калуга, Российская Федерация

²КГУ им. К.Э. Циолковского, Калуга, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: разработка нового минимально травматичного способа хирургического лечения первичных сквозных макулярных разрывов (МР) сетчатки с применением комбинации инвертированного фрагмента внутренней пограничной мембраны (ВПМ) и обогащенной тромбоцитами аутоплазмы (platelet rich plasma — PRP) без тампонады витреальной полости, а также изучение его анатомо-функциональной эффективности.

Материал и методы: под наблюдением находились 23 пациента (23 глаза) в возрасте от 53 до 73 лет с первичными МР с минимальным диаметром от 152 до 623 мкм. Примененная в группе исследования методика хирургического лечения включала субтотальную витректомию, формирование инвертируемого однослойного фрагмента ВПМ для блокирования разрыва, сохранение ВПМ в проекции папилломакулярного пучка, нанесение на поверхность лоскута ВПМ PRP с последующей экспозицией до образования фибриновой пленки, введение на поверхность лоскута ВПМ перфторорганического соединения (ПФОС) с удалением через 5–7 мин. Тампонаду витреальной полости не проводили. Срок наблюдения — до 6 мес.

Результаты исследования: интраоперационно у пациентов осложнений не наблюдалось. Через 1 мес. после первичного вмешательства у 21 (91,3%) пациента произошло закрытие МР с сохранением локальной дезорганизации или гипорефлективного дефекта в эллипсоидной зоне фоторецепторов. Двум пациентам с незакрытием МР было проведено повторное хирургическое вмешательство, через 1 мес. отмечалось закрытие макулярного отверстия.

Максимальная скорректированная острота зрения у пациентов увеличилась в среднем с $0,3 \pm 0,1$ до $0,64 \pm 0,2$ к концу периода наблюдения, средние значения центральной светочувствительности (СЧц) повысились с $22,1 \pm 2,6$ до $27,3 \pm 2,9$ дБ. У всех пациентов отмечены прирост светочувствительности сетчатки и исчезновение абсолютной скотомы в центре фовеа.

Заключение: предложенная методика хирургического лечения МР обеспечивает высокий функциональный результат на фоне минимального травмирующего воздействия на сетчатку в ходе оперативного вмешательства. Применение указанной методики может повысить функциональную эффективность хирургического лечения первичных МР, но в перспективе требуется продолжение исследований в этом направлении на достаточном клиническом материале для получения точных и достоверных данных.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сквозной макулярный разрыв, внутренняя пограничная мембрана, инвертируемый лоскут, PRP, тампонада витреальной полости.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Шилов Н.М., Терещенко А.В., Плахотный М.А., Юдина Н.Н., Новиков С.В., Кабулдинова С.Ж. Первый опыт применения фрагмента внутренней пограничной мембраны и обогащенной тромбоцитами аутоплазмы без тампонады витреальной полости в хирургии сквозного макулярного разрыва (предварительные результаты). Клиническая офтальмология. 2025;25(спецвыпуск):82–89. DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-12

The first use of an internal limiting membrane fragment and platelet-rich plasma in surgery for a full thickness macular hole without vitreous tamponade (preliminary results)

N.M. Shilov¹, A.V. Tereshchenko^{1,2}, M.A. Plakhotnii¹, N.N. Yudina¹, S.V. Novikov¹,
S.Zh. Kabuldinova¹

¹Kaluga Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Kaluga,
Russian Federation

²Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovski, Kaluga, Russian Federation

ABSTRACT

Aim: to develop a new marginally traumatic surgical technique using a combination of an inverted fragment of the internal limiting membrane (ILM) and platelet rich plasma (PRP) without vitreous tamponade to manage primary full thickness macular retinal ruptures, as well as to study its anatomical and functional effectiveness.

Materials and Methods: 23 subjects (23 eyes) aged from 53 to 73 years with primary macular holes (MH) (minimum diameter: 152 — 623 μm) were under medical supervision. The surgical technique performed in the study group included subtotal vitrectomy, formation of an invertible single-layer ILM fragment to block the rupture, ILM preservation in the projection of the papillomacular bundle, PRP application to the surface of the ILM flap with subsequent exposure until formation of the fibrin film, and application of perfluoroorganic compounds to the surface of the ILM flap followed by removal in 5–7 minutes. Vitreous tamponade was not performed. A follow-up period is up to 6 months.

Results: no intraoperative complications were observed in the study group. In 1 month after the primary surgery, the MHs closed in 21 subjects (91.3%). Nevertheless, local disorganization or a hyporeflexive "defect" was still reported in the ellipsoid zone of the photoreceptors. Two subjects with non-closure of macular holes underwent a reoperation, and the macular hole closed in 1 month.

In the study group, the best corrected visual acuity (BCVA) increased on average from 0.3 ± 0.1 to 0.64 ± 0.2 by the end of the follow-up period. The mean central photosensitivity increased from 22.1 ± 2.6 to 27.3 ± 2.9 dB. All the subjects demonstrated an increase in retinal sensitivity and disappearance of absolute scotoma in the center of the fovea.

Conclusion: the proposed surgical technique to manage MHs ensures a high functional result combined with a marginally traumatic impact on the retina during the surgical intervention. Although the reported method can increase a functional effectiveness of surgical treatment for primary MHs, further appropriate researches based on sufficient clinical data are required to obtain accurate and reliable data.

KEYWORDS: full thickness macular hole, internal limiting membrane, invertible flap, PRP, vitreous tamponade.

FOR CITATION: Shilov N.M., Tereshchenko A.V., Plakhotnii M.A., Yudina N.N., Novikov S.V., Kabuldinova S.Zh. The first use of an internal limiting membrane fragment and platelet-rich plasma in surgery for a full thickness macular hole without vitreous tamponade (preliminary results). *Russian Journal of Clinical Ophthalmology*. 2025;25(Special Issue):82–89 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-12

ВВЕДЕНИЕ

Макулярные разрывы (МР) характеризуются высокой частотой встречаемости и являются распространенной причиной низкого зрения [1].

С 1997 г. стандартом в лечении МР являлась витрэктомия с удалением внутренней пограничной мембраны (ВПМ) сетчатки [2]. Позже в литературе стала появляться информация о разрушительном влиянии пилинга ВПМ на морфологию и физиологию сетчатки. Известны такие осложнения, как эктопия фовеолы к диску зрительного нерва (ДЗН), послеоперационный отек слоя нервных волокон сетчатки с последующей отдаленной диссоциацией слоя нервных волокон зрительного нерва, уменьшение толщины сетчатки, сокращение папиллофовеолярного расстояния [3–8]. Описано негативное влияние пилинга на светочувствительность (СЧ) сетчатки с формированием абсолютных скотом [9–13].

Для минимизации травмирующего воздействия на сетчатку были предложены способы лечения МР с неполным удалением ВПМ, формированием инвертируемого лоскута ВПМ при минимальной площади пилинга и сохранением точки зрительной фиксации (ТЗФ) [14–16].

Была предложена технология лечения сквозных МР без пилинга ВПМ [13]. Такая тактика лечения имеет ряд ограничений, несет повышенные риски отрицательного анатомического исхода хирургического вмешательства, подразумевает применение пролонгированной тампонады витреальной полости (газом или силиконовым маслом) и дополнительных ферментных препаратов.

В последние годы в хирургии МР активно стали применяться различные препараты на основе аутокрови (обогащенная тромбоцитами аутоплазма (platelet rich plasma — PRP), плазмин, цельная венозная кровь, аутологичная кондиционированная плазма крови), в частности, широкое распространение получила PRP [17–21]. Ряд авторов предложили применять PRP в сочетании с аппликацией перфторорганического соединения (ПФОС) на область МР с тампонадой витреальной полости или без нее [22, 23].

Разнообразие предложенных модификаций хирургических техник не исключает рисков травмирования сетчатки, последующих дегенеративных изменений в результате пилинга ВПМ, развития послеоперационной катаракты, а также рисков незакрытия МР и неудовлетворительных функциональных результатов.

Обозначенная проблема делает актуальным поиск и разработку новых эффективных и безопасных способов хирургического лечения МР с оптимизацией этапа пилинга ВПМ.

Цель исследования: разработка нового минимально травматичного способа хирургического лечения первичных сквозных МР сетчатки с применением комбинации инвертированного фрагмента ВПМ и PRP без тампонады витреальной полости, а также изучение его анатомо-функциональной эффективности.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Под наблюдением находились 23 пациента (23 глаза) с первичными МР с минимальным диаметром от 152 до 623 ($337,9 \pm 147,5$) мкм. Из них женщин — 18, мужчин — 5, возраст пациентов — от 53 до 73 лет ($64,4 \pm 4,9$ года).

Критерии включения: первичные сквозные МР, давность жалоб не более 1 года. **Критерии исключения:** предшествующая хирургия сетчатки, вторичные МР, миопия высокой степени (более 6 дптр и/или длина глаза более 26,0 мм), серьезная офтальмологическая или тяжелая общесоматическая патология.

Методы обследования включали рефрактометрию, визометрию, биометрию, тонометрию, офтальмосканирование, а также микропериметрию и спектральную оптическую когерентную томографию (СОКТ).

При расчете средних величин остроты зрения данные, полученные по стандартным таблицам (децимальные), пересчитывали для таблиц ETDRS.

При помощи СОКТ (Optovue Solix, США) предоперационно в режиме Line измеряли минимальный диаметр МР (минимальное расстояние между его краями). Благодаря функции Followup в послеоперационном периоде проводили повторное сканирование по тем же оптическим срезам. Кроме того, использовали протокол Angio Retina в режиме En-Face, который обеспечил визуализацию положения лоскута ВПМ на поверхности сетчатки, изменения поверхностных слоев сетчатки, а также изменения фоторецепторного слоя в послеоперационном периоде на различных сроках наблюдения.

По данным микропериметрии (MAIA CenterVue, Италия) определяли общую СЧ (СЧо, 10 градусов от точки фиксации), центральную СЧ (СЧц, 6 градусов от точки фиксации), ТЗФ, а также стабильность фиксации.

Предоперационная максимальная корригированная острота зрения (МКОЗ) составляла $0,3 \pm 0,1$ (от 0,1 до 0,5) или $55,1 \pm 6,7$ буквы ETDRS, СЧо — $24,2 \pm 2,5$ дБ (от 16,9 до 27,9 дБ), СЧц — $22,1 \pm 2,6$ дБ (от 17,5 до 26,9 дБ). В центре фовеа во всех случаях регистрировалась абсолютная скотома. У 10 пациентов определялась относительно нестабильная фиксация, у 13 фиксация оставалась стабильной. ТЗФ у всех исследуемых пациентов визуализировалась по верхнему краю разрыва.

Всем пациентам выполнили хирургическое лечение МР с использованием разработанной в нашей клинике хирургической техники [24]. Все операции были выполнены одним хирургом.

Хирургическая техника. В начале операции у пациента осуществляли забор венозной крови. PRP получали с использованием пробирок YCELLBIO-KIT с добавлением 1,5 мл цитрата натрия путем центрифугирования крови в течение 8 мин при скорости 3600 оборотов/мин. После окончания центрифугирования проводили забор фракции с высоким содержанием лейкоцитов (Leukocyte-PRP — L-PRP), которую использовали в ходе хирургического вмешательства для фиксации инвертированного лоскута ВПМ к сетчатке [20, 21].

Выполняли 3-портовую 27G субтотальную витрэктомия с использованием Membran Blue для окрашивания ВПМ. Со стороны верхневисочной сосудистой аркады в 2–3 движения в горизонтальном направлении удаляли линейный участок ВПМ шириной 0,1–0,2 мм и длиной около 1,5 мм на расстоянии 2,0–2,5 мм от края МР, формируя верхний край лоскута ВПМ, который приподнимали и отделяли от сетчатки в направлении сверху вниз (в сторону нижневисочной сосудистой аркады), поочередно перехватывая край ВПМ микропинцетом с назальной и темпоральной стороны, чтобы минимизировать риск продольного разрыва лоскута к макулярному отверстию. Полученный инвертируемый однослойный фрагмент ВПМ отсепаровывали от сетчатки до горизонтальной линии, проходящей по касательной к верхнему краю ДЗН (линия инверсии), далее переворачивали его и внутренней стороной укладывали на МР, тем самым блокируя его (на данном этапе без ПФОС). Остальные участки сетчатки, в том числе в проекции папилломакулярного пучка, оставляли интактными. Далее выполняли замену жидкости на воздух. При подсушивании сетчатки контролировали правильное положение инвертированного лоскута ВПМ и его адгезию,

наблюдая характерное бликование его поверхности в среде воздуха. Далее на поверхность инвертируемого лоскута ВПМ наносили 2–3 капли PRP. Выдерживали экспозицию в течение 1 мин для формирования фибриновой пленки [20]. Затем на поверхность инвертированного лоскута ВПМ вводили $1,5 \text{ мм}^3$ ПФОС для создания равномерной клеевой пленки и ее прижатия к поверхности сетчатки. Через 5–7 мин из витреальной полости удаляли ПФОС, затем заменяли воздух на сбалансированный солевой раствор (balanced salt solution). Тампонаду витреальной полости не проводили (рис. 1).

Сроки наблюдения составили 1, 3, 6 мес. после операции.

Статистическую обработку результатов исследования проводили с использованием программ Excel (Microsoft) и Statistica 13.3 (Tibco Software Inc., США). Для определения нормальности распределения использовали критерии Колмогорова — Смирнова и Шапиро — Уилка. Изменения в динамике оценивали с использованием парного t-теста Стьюдента (для нормального распределения) и критерия Уилкоксона (для ненормального распределения). При расчете средних величин остроты зрения данные, полученные по стандартным таблицам (децимальные), пересчитывали для таблиц ETDRS. Количественные данные МКОЗ, букв ETDRS, СЧо, СЧц представлены в виде $M \pm m$, где M — среднее арифметическое, m — стандартная ошибка среднего арифметического, поскольку в настоящей работе для анализа результатов важно было оценить средние значения, а не разброс анализируемых показателей.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Интраоперационно ни у кого из пациентов осложнений не наблюдалось. На следующий день после операции на СОКТ-снимках визуализировалась тромбоцитарно-фибриновая пленка, находящаяся поверх инвертированного лоскута ВПМ, блокирующего макулярное отверстие. В просвете макулярного отверстия элементов тромбоцитарно-фибринового сгустка не наблюдалось ни в одном случае.

На 2–3-и сутки после операции у 4 (17,4%) пациентов наблюдался ранний лизис фибриновой пленки, который в 2 (8,6%) случаях привел к незакрытию МР (рис. 2), а еще в 2 (8,6%) случаях разрыв остался заблокирован инвертированным фрагментом ВПМ (рис. 3).

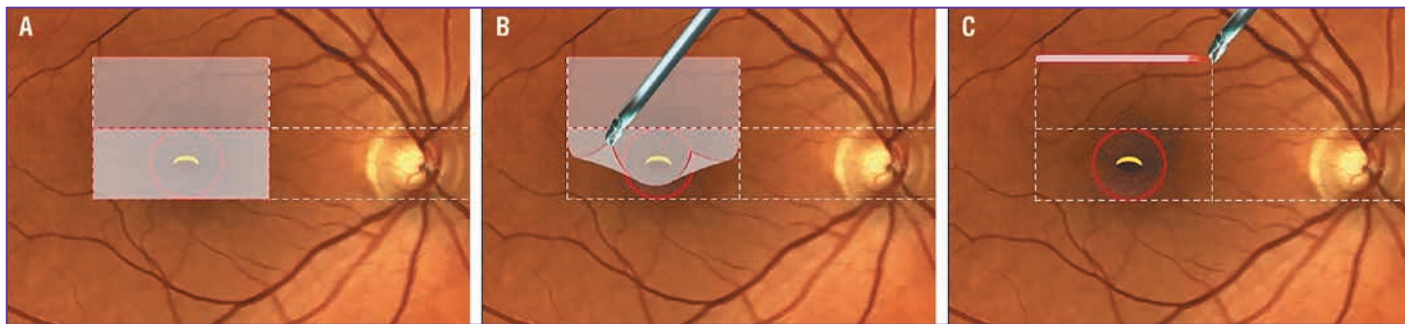


Рис. 1. Схема формирования инвертируемого лоскута ВПМ.

А — удаление линейного участка ВПМ со стороны верхневисочной сосудистой аркады; В — формирование верхнего инвертируемого однослойного лоскута ВПМ для закрытия макулярного отверстия сетчатки; С — блокирование макулярного отверстия инвертируемым лоскутом ВПМ

Fig. 1. Invertible ILM flap formation scheme.

A, Removal of a linear section of the internal limiting membrane from the direction of the superotemporal vascular arcade; B, Formation of a superior invertible single-layer flap of the internal limiting membrane to close the retinal macular hole; C, Macular hole blocked with an invertible flap of the internal limiting membrane

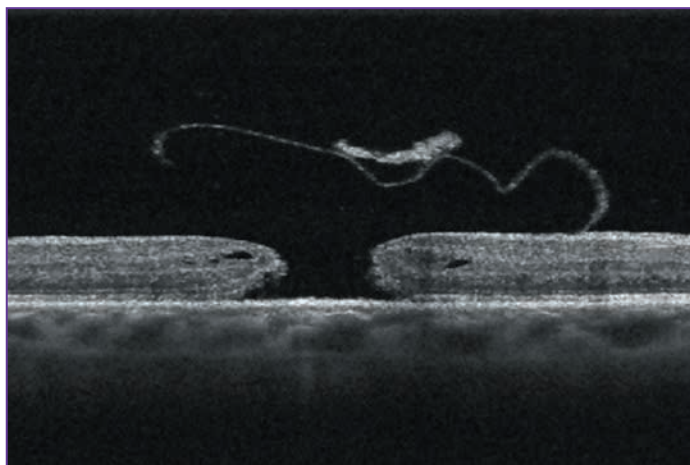


Рис. 2. СОКТ-снимок в режиме Line на 2-е сутки после хирургического лечения: ранний лизис и отрыв фибриновой пленки вместе с лоскутом ВПМ от поверхности сетчатки, разблокирование МР и его незакрытие

Fig. 2. SOCT images (Line mode) on the 2nd day after the surgical treatment. Early lysis and detachment of the fibrin film together with the ILM flap from the retinal surface, unblocking and non-closure of the macular hole

Двум пациентам с незакрытием МР сразу было проведено повторное хирургическое вмешательство с репозицией лоскута ВПМ, фиксацией лоскута при помощи PRP и тампонадой витреальной полости воздухом. Через 1 мес. после повторной операции у них регистрировали закрытие макулярного отверстия.

По данным СОКТ, через 1 мес. после первичного вмешательства у всех остальных пациентов произошло закрытие сквозных МР с сохранением локальной дезорганизации или гипорефлективного дефекта в эллипсоидной зоне фоторецепторов. Наружная пограничная мембрана была сохранена на всем протяжении, имела непрерывный ровный профиль. Произошло купирование отека по краю разрыва. При помощи режима EnFace четко визуализировали инвертированный лоскут ВПМ, блокирующий макулярное отверстие (рис. 4). На всех сроках послеоперационного наблюдения, по данным СОКТ, размер дефекта эллипсоидной зоны сетчатки постепенно уменьшался.

Уже на ранних сроках послеоперационного наблюдения у всех пациентов отмечалось уменьшение количества жалоб.

Данные функциональных исследований до и после хирургического лечения представлены в таблице.

Через 1 мес. у 17 (73,9%) пациентов выявлено повышение МКОЗ: в 4 случаях — на 0,1, в 2 — на 0,2, в 6 — на 0,3, в 2 — на 0,4, в 3 — на 0,5. У 6 пациентов острота зрения существенно не изменилась. Средние значения МКОЗ составили $0,48 \pm 0,2$ (от 0,2 до 0,8) или $67,2 \pm 9,1$ буквы ETDRS. Через 3 мес. зарегистрировано увеличение МКОЗ в 14 случаях: у 9 пациентов — на 0,1, у 3 — на 0,2, у 2 — на 0,4. У остальных пациентов изменений МКОЗ не было, зрительные функции оставались стабильными. Через 6 мес. после операции у 19 пациентов значения МКОЗ оставались стабильными, а у 4 — МКОЗ повысилась (в 2 случаях — на 0,2, в 1 — на 0,4, в 1 — на 0,5).

За весь период наблюдения было зафиксировано постепенное повышение СЧц и СЧо. Через 1 мес. СЧ сетчатки в фовеа повысилась у всех пациентов, абсолютная скотома перестала определяться, фиксация у всех пациентов стала стабильнее, ТЗФ сдвинулась к центру фовеа. К 6-му меся-

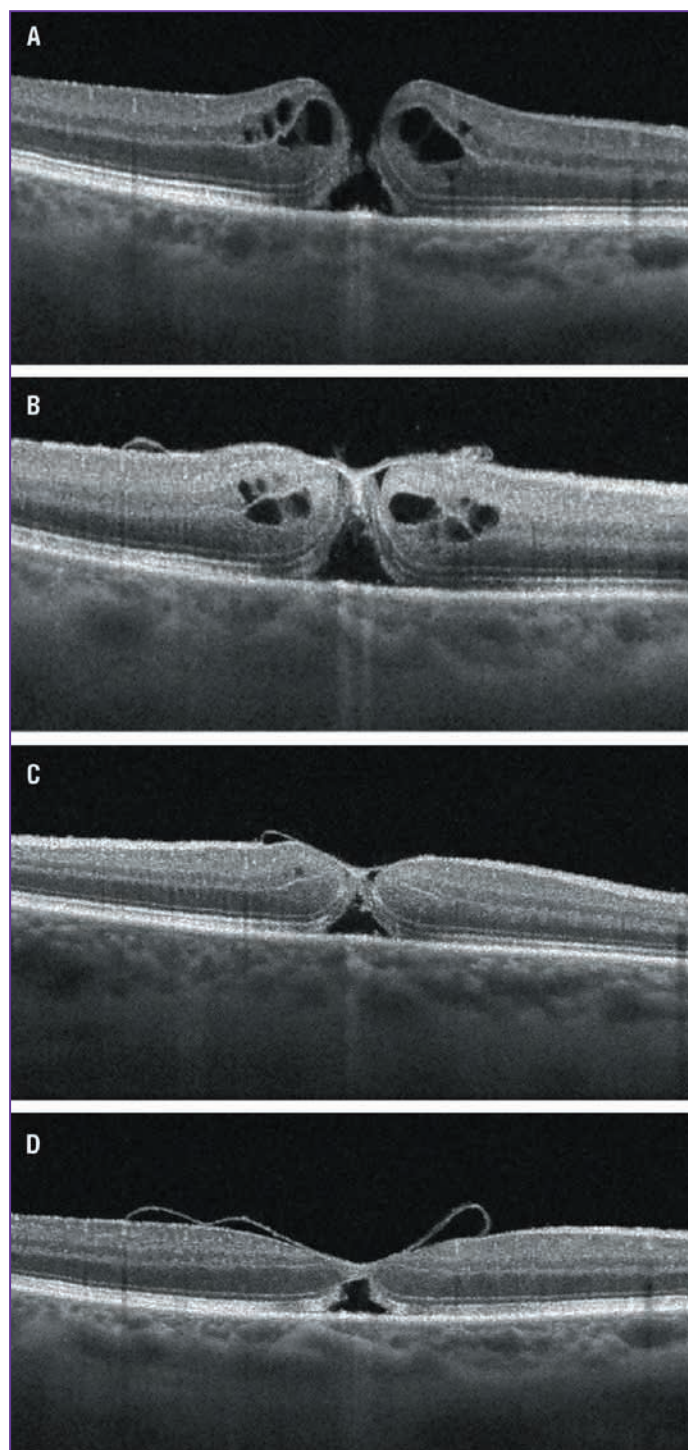


Рис. 3. СОКТ-снимки в режиме Line:

A — до хирургического лечения; B — 2-е сутки после операции: лоскут блокирует макулярное отверстие; C — 3-и сутки после операции: макулярное отверстие заблокировано лоскутом ВПМ, сближение краев разрыва, частичная резорбция отека сетчатки по краю разрыва; D — 4-е сутки после операции: смыкание краев МР на уровне внутренних слоев сетчатки, лоскут ВПМ плотно блокирует макулярное отверстие, полная резорбция отека сетчатки по краю разрыва

Fig. 3. SOCT images (Line mode).

A, before the surgery; B, the second day after the surgery, the flap blocks the macular hole; C, the third day after the surgery, the macular hole is blocked by the ILM flap, the hole edges are approaching, partial resorption of retinal edema along the hole edge; D, the fourth day after the surgery, the macular hole edges are closing at the level of the inner layers of the retina, the ILM flap blocks the macular hole tightly, complete resorption of the retinal edema along the hole edge

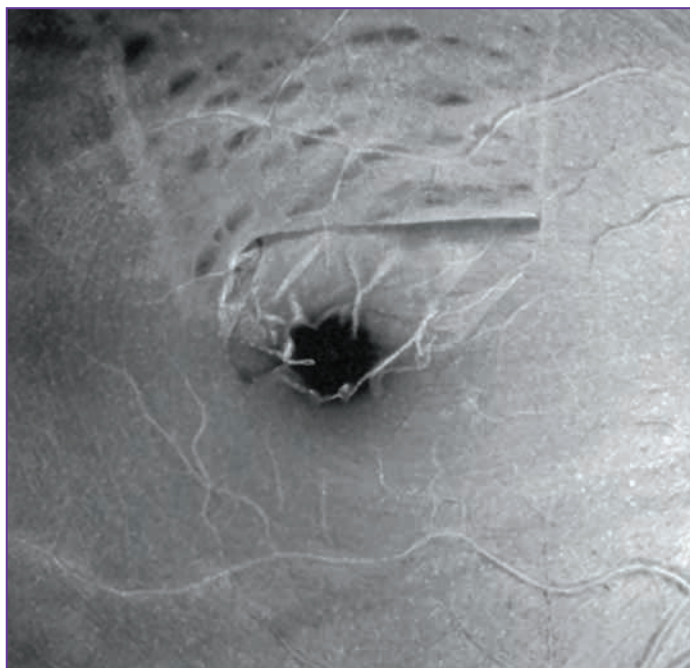


Рис. 4. СОКТ-снимок (режим EnFace). Лоскут ВПМ на поверхности сетчатки в проекции МР. Множественные различной выраженности повреждения внутренних слоев сетчатки в результате пилинга ВПМ в верхнем квадранте макулярной зоны сетчатки, в отличие от интактных зон сетчатки (височный, нижний и носовой квадранты), где ВПМ не удаляли

Fig. 4. SOCT image (EnFace mode) The ILM flap on the retinal surface in the projection of the macular hole. Multiple damages of varying severity to the inner retinal layers resulted from the ILM peeling in the upper quadrant of the macular zone of the retina in contrast to intact retinal zones (temporal, lower and nasal quadrants) where the internal limiting membrane was not removed

цу наблюдения во всех случаях фиксация была стабильной, СЧц и СЧо увеличились по сравнению с предыдущими сроками наблюдения.

За период наблюдения у 21 из 23 пациентов развилась катаракта, в связи с чем была выполнена факоэмульсификация катаракты с имплантацией интраокулярной линзы. Функциональные результаты хирургического лечения МР оценивались при прозрачных оптических средах через 1 мес. после хирургии катаракты.

ОБСУЖДЕНИЕ

В разные годы были предложены разнообразные способы хирургического лечения МР, с различными зонами и площадью пилинга ВПМ, с применением PRP и без, но в

каждом из них обязательным этапом являлась тампонада витреальной полости воздушной или газовой воздушной смесью [14, 15, 23].

Кроме того, при применении хирургических техник с формированием лоскута ВПМ для блокирования МР достижение стабильного положения лоскута ВПМ требует тщательного удаления жидкости из витреальной полости и подсушивания сетчатки в среде воздуха в функционально значимой области глазного дна, а именно области ДЗН и папилломакулярного пучка. Чрезмерное длительное высушивание может приводить к повреждению сетчатки инструментами и описанному в литературе синдрому внезапного снижения зрения, включающему центральную скотому и падение периферической СЧ сетчатки в сочетании со снижением толщины внутренних слоев сетчатки (слоя ганглиозных клеток сетчатки и слоя нервных волокон) [25, 26].

Это обусловлено тем, что именно в области папилломакулярного пучка нервных волокон находится «свободный» инвертированный край лоскута ВПМ, со стороны которого удаляется жидкость с поверхности сетчатки и с поверхности лоскута. Все это требует максимально аккуратного «высушивания» витреальной полости и поверхности сетчатки для достижения плотной адгезии лоскута ВПМ, которая возможна лишь при удалении базиса стекловидного тела в максимальном объеме, что, в свою очередь, также увеличивает продолжительность операции [27] и добавляет риск ятрогенных альтераций указанных анатомических структур. Это может негативно отразиться на конечном функциональном результате оперативного лечения.

Формирование лоскута ВПМ с височной стороны также нецелесообразно из-за возможности его смещения вниз или обратного разворота (ретроверсии) под силой тяжести при принятии пациентом вертикального положения и под действием стекающих по поверхности сетчатки сверху вниз остатков базиса стекловидного тела и внутриглазной жидкости, которая непрерывно продуцируется цилиарным телом глазного яблока. Возникающие риски смещения лоскута в сторону нижневисочной сосудистой аркады могут приводить к разблокированию разрыва и рецидиву (незакрытию МР), к повторной операции и снижению конечного функционального результата оперативного лечения [28].

По данным литературы, одним из основных недостатков газовой тампонады являются ограничения в подъемах на высоту (от 15-го этажа высотного здания) [29]. Кроме того, неотъемлемым условием такого вмешательства является позиционирование пациента лицом вниз после операции, что не всегда возможно из-за определенного общесоматического и умственно-эмоционального состояния пациента, а также ухудшает реабилитацию пациента из-за длительного отсутствия зрения после вмешательства [30].

Таблица. Средние показатели функциональных исследований у пациентов до и после хирургического лечения МР (n=23)
Table. Average functional test results in the study group before and after the macular hole surgery (n=23)

Показатель / Parameter	До операции / Before the surgery	1 мес. / 1 month	3 мес. / 3 months	6 мес. / 6 months
МКОЗ / BCVA	0,3±0,1	0,48±0,2	0,58±0,2	0,64±0,2
Количество букв ETDRS / ETDRS letters	55,1±6,7	67,2±9,1	71,6±8,8	74,4±6,3
СЧо, дБ / General photosensitivity, dB	24,2±2,5	24,6±21,9	24,6±1,9	26,4±6,3
СЧц, дБ / Central photosensitivity, dB	22,1±2,6	25±2,7	25,7±1,8	27,3±2,9

На наш взгляд, в хирургическом лечении первичных МР перспективно применение предложенной нами хирургической техники с частичным удалением ВПМ сетчатки. Исключение послеоперационной тампонады витреальной полости за счет фиксации лоскута ВПМ при помощи PRP позволяет не располагать обязательно пациента лицом вниз даже на короткий период, обеспечивает ранний контроль анатомического результата лечения и, в отличие от газовой тампонады, делает возможным подъем на высоту (использование авиатранспорта) сразу после хирургического лечения, а также ускоряет послеоперационную реабилитацию пациентов.

Предложенная нами методика не только обладает рядом преимуществ, но и показывает высокую анатомическую и функциональную эффективность. Сохранение ТЗФ, отсутствие механического воздействия на края разрыва и зону папилломакулярного пучка позволили добиться высокого функционального результата, о чем свидетельствуют данные МКОЗ и микропериметрии, по результатам которой в послеоперационном периоде у всех пациентов отмечен прирост светочувствительности сетчатки и исчезновение абсолютной скотомы в центре фовеа. Так, МКОЗ в группе наблюдения увеличилась в среднем с $0,3 \pm 0,1$ до $0,64 \pm 0,2$ к концу периода наблюдения, а средние значения СЧц повысились с $22,1 \pm 2,6$ до $27,3 \pm 2,9$ дБ.

В работах А.Ю. Клейменова и соавт. [29] были описаны сопоставимые функциональные результаты с увеличением МКОЗ до $0,33 \pm 0,04$ к 3 мес. наблюдения и до $0,5 \pm 0,05$ к 1 году наблюдения.

Настоящее исследование имеет ряд ограничений: группа наблюдения была относительно небольшой, не проведен анализ отдаленных результатов лечения (1 год и более). Необходима контрольная группа для сравнительной оценки клинической эффективности разработанной методики. Однако имеющиеся данные достаточно показательны и демонстрируют безопасность и перспективы предложенной методики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенная методика хирургического лечения МР обеспечивает высокий функциональный результат на фоне минимального травмирующего воздействия на сетчатку в ходе оперативного вмешательства.

Применение указанной методики может повысить функциональную эффективность хирургического лечения первичных МР, но в перспективе требуется продолжение исследований в этом направлении на достаточном клиническом материале для получения точных и достоверных данных.

Литература / References

1. Bikbova G., Oshitari T., Baba T. et al. Pathogenesis and management of macular hole: review of current advances. *J Ophthalmol.* 2019;2019:3467381. DOI: 10.1155/2019/3467381
2. Eckardt C., Eckardt U., Groos S. et al. Removal of the internal limiting membrane in macular holes. Clinical and morphological findings (in German). *Ophthalmologie.* 1997;94:545–551. DOI: 10.1007/s003470050156
3. Casini G., Mura M., Figus M. et al. Inverted internal limiting membrane flap technique for macular holes surgery without extra manipulation of the flap. *Retina.* 2017;37(11):2138–2144. DOI: 10.1097/IAE.0000000000001470

4. Bonnabel A., Bron A., Isaico R. et al. Long-term anatomical and functional outcomes of idiopathic macular hole surgery: the yield of spectral-domain OCT combined with microperimetry. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2013;25(11):2505–2511. DOI: 10.1007/s00417-013-2339-y
5. Лыскин П.В., Макаренко И.Р. Дополнительные аспекты пилинга внутренней пограничной мембраны сетчатки. *Российская детская офтальмология.* 2020;1:40–44. DOI: 10.25276/2307-6658-2020-1-40-44
6. Lyskin P.V., Makarenko I.R. Additional aspects of peeling of the internal limiting membrane of the retina. *Russian pediatric ophthalmology.* 2020;1:40–44 (in Russ.). DOI: 10.25276/2307-6658-2020-1-40-44
7. Burmeister S.L., Hartwig D., Limb G.A. et al. Effect of various platelet preparations on retinal Müller cells. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2009;50(10):4881–4886. DOI: 10.1167/iov.08-3057.6
8. Clark A., Balducci N., Pichi F. et al. Swelling of the arcuate nerve fiber layer after internal limiting membrane peeling. *Retina.* 2012;32(8):1608–1613. DOI: 10.1097/IAE.0b013e3182437e86
9. Pichi F., Lembo A., Morara M. Early and late inner retinal changes after inner limiting membrane peeling. *Int Ophthalmol.* 2014;2(34):437–446. DOI: 10.1007/s10792-013-9831-6
10. Sakimoto S., Ikuno Y., Fujimoto S. et al. Characteristics of the retinal surface after internal limiting membrane peeling in highly myopic eyes. *Am J Ophthalmol.* 2014;158:762–768. DOI: 10.1016/j.ajo.2014.06.024
11. Tadayoni R., Svorenova I., Erginay A. et al. Decreased retinal sensitivity after internal limiting membrane peeling for macular hole surgery. *Br J Ophthalmol.* 2012;96:1513–1516. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2012-302035
12. Haritoglou C.H., Ehrh O., Gass C.A. Paracentral scotomata: a new finding after vitrectomy for idiopathic macular hole. *Br J Ophthalmol.* 2001;85:231–233. DOI: 10.1136/bjo.85.2.231
13. Sebag J., ed. Vitreous in health and disease. Springer Science. 2014:580–590.
14. Лыскин П.В., Володин П.Л., Макаренко И.Р. Функциональные результаты хирургического лечения макулярных отверстий с полным сохранением внутренней пограничной мембраны в сравнении с традиционной методикой. *Российский офтальмологический журнал.* 2023;16(4):44–49. DOI: 10.21516/2072-0076-2023-16-4-44-49
15. Lyskin P.V., Volodin P.L., Makarenko I.R. Functional results of surgical treatment of macular holes with complete preservation of the internal limiting membrane in comparison with the traditional technique. *Russian Ophthalmological Journal.* 2023;16(4):44–49 (in Russ.). DOI: 10.21516/2072-0076-2023-16-4-44-49
16. Michalewska Z., Michalewska J., Dulczewska-Cicheka K. et al. Temporal Inverted internal limited membrane flap technique versus classic Inverted internal limited membrane flap for large macular holes. Technique: a comparative study. *Retina.* 2015;35(9):1844–1850. DOI: 10.1097/IAE.0000000000000555
17. Файзрахманов Р.Р., Павловский О.А., Ларина Е.А. Оперативное лечение макулярного разрыва с сохранением внутренней пограничной мембраны. *Вестник НМХЦ им. Н.И. Пирогова.* 2019;14(3):69–74. DOI: 10.25881/BPNMSC.2019.77.52.014
18. Faizrahmanov R.R., Pavlovsky O.A., Larina E.A. Surgical treatment of macular hole with preservation of the internal limiting membrane. *Bulletin of the N.I. Pirogov's National Medical and Surgical Center.* 2019;14(3):69–74 (in Russ.). DOI: 10.25881/BPNMSC.2019.77.52.014
19. Шпак А.А., Авакян Ф.А., Колесник А.И. Клинико-функциональные результаты лечения идиопатических макулярных разрывов с сохранением фoveальной внутренней пограничной мембраны. *Офтальмохирургия.* 2023;3:78–85. DOI: 10.25276/0235-4160-2023-3-78-85
20. Shpak A.A., Avakyan F.A., Kolesnik A.I. Clinical and functional results of treatment of idiopathic macular holes with preservation of the foveal internal limiting membrane. *Ophthalmosurgery.* 2023;3:78–85 (in Russ.). DOI: 10.25276/0235-4160-2023-3-78-85

17. Арсютков Д.Г., Паштаев Н.П. Пятилетний опыт применения аутологичной кондиционированной плазмы (АКП) при отслойке сетчатки с центральным разрывом у пациентов с высокой миопией на фоне выраженной стафиломы склеры макулярной области. *Офтальмохирургия*. 2023;3:66–71. DOI: 10.25276/0235-4160-2023-3-66-71
- Arsyutov D.G., Pashtaev N.P. Five-year experience in the use of autologous conditioned plasma (ACP) for retinal detachment with a central break in patients with high myopia against the background of severe staphyloma of the sclera of the macular region. *Ophthalmosurgery*. 2023;3:66–71 (in Russ.). DOI: 10.25276/0235-4160-2023-3-66-71
18. Юсеф Н.Ю., Петрачков Д.В., Шабалина К.Н. и др. Способ хирургического лечения сквозного макулярного разрыва. Патент на изобретение RU 2797540 C1. Оpubл. 07.06.2023. Бюл. № 16.
- Usef N.Y., Petrachkov D.V., Shabalina K.N. et al. A method of surgical treatment of a continuous macular rupture. Patent for invention RU 2797540 C1. Published on 06.07.2023. Byul. No. 16 (in Russ.).
19. Шкворченко Д.О., Захаров В.Д., Крупина Е.А. Хирургическое лечение первичного макулярного разрыва с применением богатой тромбоцитами плазмы крови. *Офтальмохирургия*. 2017;3:27–30. DOI: 10.25276/0235-4160-2017-3-27-30
- Shkvorchenko D.O., Zakharov V.D., Krupina E.A. Surgical treatment of primary macular hole using platelet-rich blood plasma. *Ophthalmosurgery*. 2017;3:27–30 (in Russ.). DOI: 10.25276/0235-4160-2017-3-27-30
20. Демченко Н.С., Клейменов А.Ю., Казайкин В.Н. Механизмы терапевтического эффекта богатой тромбоцитами плазмы в хирургии макулярного разрыва. *Российский офтальмологический журнал*. 2023;16(1):22–28. DOI: 10.21516/2072-0076-2023-16-1-22-28
- Demchenko N.S., Kleymenov A.Y., Kazaikin V.N. Mechanisms of the therapeutic effect of platelet-rich plasma in macular hole surgery. *Russian Ophthalmological Journal*. 2023;16(1):22–28 (in Russ.). DOI: 10.21516/2072-0076-2023-16-1-22-28
21. Shpak A.A., Shkvorchenko D.O., Krupina E.A. Surgical treatment of macular holes with and without the use of autologous platelet-rich plasma. *Int Ophthalmol*. 2021;41(3):1043–1052. DOI: 10.1007/s10792-020-01662-4
22. Миронов А.В., Овчинникова А.Д., Дулгиеру Т.О. Способ лечения больших макулярных разрывов сетчатки без тампонады витреальной полости. Патент на изобретение № 2735465 C1. Оpubл. 02.11.2020. Бюл. № 31.
- Mironov A.V., Ovchinnikova A.D., Dulgieru T.O. Method of treatment of large macular retinal tears without tamponade of the vitreal cavity. Patent for invention No. 2735465 C1. Publ. 11.02.2020. Bul. No. 31 (in Russ.).
23. Клейменов А.Ю., Казайкин В.Н., Лизунов А.В. Отдаленные функциональные и анатомические результаты хирургического лечения идиопатических макулярных разрывов без использования послеоперационной тампонады витреальной полости. *Российский офтальмологический журнал*. 2022;15(2):30–36. DOI: 10.21516/2072-0076-2022-15-2-30-36
- Kleymenov A.Y., Kazaikin V.N., Lizunov A.V. Remote functional and anatomical results of surgical treatment of idiopathic macular holes without the use of postoperative tamponade of the vitreous cavity. *Russian Ophthalmological Journal*. 2022;15(2):30–36 (in Russ.). DOI: 10.21516/2072-0076-2022-15-2-30-36
24. Терещенко А.В., Шилов Н.М., Сидорова Ю.А. и др. Способ хирургического лечения первичного сквозного макулярного разрыва сетчатки. Патент на изобретение № 2770114. Оpubл. 14.04.2022. Бюл. № 11.
- Tereshchenko A.V., Shilov N.M., Sidorova Yu.A. et al. A method of surgical treatment of primary end-to-end macular retinal rupture. Patent for invention No. 2770114, Published on 04/14/2022. Bul. No. 11 (in Russ.).
25. Клейменов А.Ю., Казайкин В.Н., Матевосян М.Б., Чашин Г.В. К вопросу о необходимости «высушивания» сетчатки при хирургии макулярного разрыва. *Офтальмология*. 2020;17(3S):572–576. DOI: 10.18008/1816-5095-2020-3S-572-576
- Kleymenov A.Y., Kazaikin V.N., Matevosyan M.B., Chashchin G.V. On the need for "drying" the retina during macular hole surgery. *Ophthalmology*. 2020;17(3S):572–576 (in Russ.). DOI: 10.18008/1816-5095-2020-3S-572-576
26. Iuliano L., Corbelli E., Ramoni A., Bandello F., Codenotti M. Unexplained visual loss after gas tamponade for macular — on retinal detachment: incidence and clinical characterization. *Retina*. 2021;41(5):957–964. DOI: 10.1097/IAE.0000000000003007
27. Шилов Н.М., Терещенко А.В., Трифаненкова И.Г. и др. Модификация технологии закрытия больших идиопатических макулярных разрывов с применением методики поэтапного формирования фрагмента внутренней пограничной мембраны. *Современные технологии в офтальмологии*. 2017;5:79–82.
- Shilov N.M., Tereshchenko A.V., Trifanenkova I.G. et al. Modification of the technology for closure of large idiopathic macular holes using the method of staged formation of a fragment of the internal limiting membrane. *Modern technologies in ophthalmology*. 2017;5:79–82 (in Russ.).
28. Rizzo S., Tartaro R., Barca F. et al. Internal limiting membrane peeling versus inverted flap technique for treatment of full-thickness macular holes a comparative study in a large series of patients. *Retina*. 2018;38(1):73–78. DOI: 10.1097/IAE.0000000000001985
29. Клейменов А.Ю., Казайкин В.Н., Липина М.А. Сравнительный анализ эффективности хирургического лечения сквозных макулярных разрывов с применением и без применения послеоперационной газовой тампонады витреальной полости. *Офтальмохирургия*. 2022;2:6–14. DOI: 10.25276/0235-4160-2022-2-6-14
- Kleymenov A.Y., Kazaikin V.N., Lipina M.A. Comparative analysis of the effectiveness of surgical treatment of through-and-through macular holes with and without the use of postoperative gas tamponade of the vitreous cavity. *Ophthalmosurgery*. 2022;2:6–14 (in Russ.). DOI: 10.25276/0235-4160-2022-2-6-14
30. Миронов А.В., Овчинникова А.Д., Дулгиеру Т.О. Способ лечения больших макулярных разрывов сетчатки без тампонады витреальной полости. Патент на изобретение № 2735465 C1. Оpubл. 02.11.2020. Бюл. № 31.
- Mironov A.V., Ovchinnikova A.D., Dulgieru T.O. Method of treatment of large macular retinal tears without tamponade of the vitreal cavity. Patent for invention No. 2735465 C1. Published on 11/02/2020 Bul. No. 31 (in Russ.).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Шилов Николай Михайлович — к.м.н., заведующий отделением хирургии катаракты Калужского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 248007, Россия, г. Калуга, ул. им. Святослава Федорова, д. 5; ORCID iD 0000-0002-2392-3049

Терещенко Александр Владимирович — д.м.н., директор Калужского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 248007, Россия, г. Калуга, ул. им. Св. Федорова, д. 5; профессор кафедры хирургии Медицинского института КГУ им. К.Э. Циолковского; 248023, Россия, г. Калуга, ул. Степана Разина, д. 26; ORCID iD 0000-0002-0840-2675

Плахотный Михаил Алексеевич — к.м.н., заведующий оперблоком Калужского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 248007, Россия, г. Калуга, ул. им. Св. Федорова, д. 5; ORCID iD 0000-0002-4099-819X

Юдина Нина Николаевна — к.м.н., заведующая отделением витреоретинальной хирургии Калужского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 248007, Россия, г. Калуга, ул. им. Св. Федорова, д. 5; ORCID iD 0000-0002-2135-8162

Новиков Сергей Васильевич — врач-офтальмолог Калужского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 248007, Россия, г. Калуга, ул. им. Св. Федорова, д. 5; ORCID iD 0000-0003-4953-4663

Кабулдинова Сания Жумакелдыевна — врач-офтальмолог Калужского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 248007, Россия, г. Калуга, ул. им. Св. Федорова, д. 5; ORCID iD 0009-0008-9333-5630

Контактная информация: Новиков Сергей Васильевич, e-mail: nauka@mntk.kaluga.ru

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

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 25.12.2024.

Поступила после рецензирования 27.01.2025.

Принята в печать 19.02.2025.

ABOUT THE AUTHORS:

Nikolai M. Shilov — C. Sc. (Med.), Head of the Department of Cataract Surgery, Kaluga Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 5, Svyatoslav Fyodorov str., Kaluga, 248007, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-2392-3049

Alexander V. Tereshchenko — Dr. Sc. (Med.), Director, Kaluga Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 5, Svyatoslav Fyodorov str., Kaluga, 248007, Russian Federation; professor of the Surgery Department of Medical Institute, Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovski; 26, Stepan Razin st., Kaluga, 248023, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-0840-2675

Mikhail A. Plakhotnii — C. Sc. (Med.), Head of the Surgery Unit, Kaluga Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 5, Svyatoslav Fyodorov str., Kaluga, 248007, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-4099-819X

Nina N. Yudina — C. Sc. (Med.), Head of the Department of Vitreoretinal Surgery, Kaluga Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 5, Svyatoslav Fyodorov str., Kaluga, 248007, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-2135-8162

Sergei V. Novikov — Ophthalmologist, Kaluga Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 5, Svyatoslav Fyodorov str., Kaluga, 248007, Russian Federation; ORCID iD 0000-0003-4953-4663

Saniya Zh. Kabuldinova — Ophthalmologist, Kaluga Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 5, Svyatoslav Fyodorov str., Kaluga, 248007, Russian Federation; ORCID iD 0009-0008-9333-5630

Contact information: Sergei V. Novikov, e-mail: nauka@mntk.kaluga.ru

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

There is no conflict of interest.

Received 25.12.2024.

Revised 27.01.2025.

Accepted 19.02.2025.

DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-13

Пересадка аутологичного пигментного эпителия сетчатки в лечении неоваскулярной возрастной макулярной дегенерации, осложненной обширным субретинальным кровоизлиянием

С.В. Сосновский¹, Э.В. Бойко^{1,2}, А.А. Суетов¹, Т.А. Докторова¹, Д.И. Шумова¹

¹Санкт-Петербургский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Российская Федерация
²ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова Минздрава России, Санкт-Петербург, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: изучить эффективность и безопасность пересадки аутологичного пигментного эпителия сетчатки (ПЭС) при лечении неоваскулярной возрастной макулярной дегенерации (нВМД), осложненной обширным субретинальным кровоизлиянием (СРК).

Материал и методы: проспективное исследование включало 8 пациентов в возрасте от 60 до 83 лет с нВМД, осложненной обширным СРК, давностью от 18 дней до 6 мес., которым проводили пересадку аутологичного ПЭС. Изучали показатели максимальной корригированной остроты зрения (МКОЗ), световой чувствительности (СЧ) в точке фиксации и среднюю СЧ в проекции фовеа и парафовеа, площадь зоны фиксации, структуру нейроретины и трансплантата по данным оптической когерентной томографии (ОКТ) до лечения, через 1, 3, 6, 12 и 18 мес. после пересадки ПЭС. Анализировали частоту осложнений и дополнительные лечебные воздействия в послеоперационном периоде.

Результаты исследования: повышение зрительных функций достигает значимого уровня через 12 мес. после пересадки ПЭС: МКОЗ увеличилась с 0,05 [0,02; 0,08] до 0,13 [0,1; 0,2] через 12 мес. и 0,18 [0,14; 0,2] через 18 мес. после операции ($p=0,01$). СЧ в точке фиксации повысилась с 3,0 [0; 5,5] до 19,5 [3,5; 26,5] дБ и 21,0 [8,0; 30,0] дБ через 12 и 18 мес. соответственно ($p=0,01$ и $p=0,02$). Средняя СЧ в фовеа и парафовеа также увеличилась с 4,5 [2,5; 8,7] до 14,9 [10,0; 20,6] дБ и 18,2 [12,5; 21,3] дБ через 12 и 18 мес. соответственно ($p=0,03$). Площадь зоны фиксации уменьшилась с 42,7 [32,6; 49,0] до 16,7 [6,44; 23,8] и 12,3 [7,9; 17,2][°] через 12 и 18 мес. соответственно ($p=0,01$). В послеоперационном периоде у 2 пациентов развилась пролиферативная витреоретинопатия и отслойка сетчатки, потребовавшая ретампонады силиконом, в 2 случаях — кистозный макулярный отек и в 1 случае — рецидив хориоидальной неоваскуляризации, потребовавшие проведения антиангиогенной терапии.

Заключение: проведение пересадки аутологичного ПЭС при нВМД, осложненной обширным СРК, позволяет улучшить как остроту, так и центральное поле зрения. Своевременно выявленные побочные эффекты и осложнения могут быть успешно купированы дополнительными лечебными мероприятиями без влияния на конечный функциональный результат.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: возрастная макулярная дегенерация, аутоотранслокация, пересадка, пигментный эпителий сетчатки, субретинальное кровоизлияние, субретинальный фиброз.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Сосновский С.В., Бойко Э.В., Суетов А.А., Докторова Т.А., Шумова Д.И. Пересадка аутологичного пигментного эпителия сетчатки в лечении неоваскулярной возрастной макулярной дегенерации, осложненной обширным субретинальным кровоизлиянием. Клиническая офтальмология. 2025;25(спецвыпуск):90–97. DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-13

Autologous retinal pigment epithelium grafting in the context of therapy for neovascular age-related macular degeneration complicated by major subretinal hemorrhage

S.V. Sosnovskii¹, E.V. Boiko^{1,2}, A.A. Suetov¹, T.A. Doktorova¹, D.I. Shumova¹

¹St. Petersburg Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, St. Petersburg, Russian Federation

²North West State Medical University named after I.I. Mechnikov, St. Petersburg, Russian Federation

ABSTRACT

Aim: to study efficacy and safety of autologous retinal pigment epithelium (RPE) grafting in the context of therapy for neovascular age-related macular degeneration (nAMD) complicated by major subretinal hemorrhage (SRH).

Materials and Methods: a prospective study included 8 patients (60–83 years) with nAMD complicated by major SRH (duration: 18 days — 6 months) who underwent autologous RPE grafting. Several parameters such as best corrected visual acuity (BCVA), retinal sensitivity (RS) at the fixation point and mean RS in the projection of the fovea and parafovea, fixation area, neuroretinal and RPE graft structure according to optical coherence tomography (OCT) data were studied before the surgery, as well as in 1, 3, 6, 12 and 18 months after autologous RPE grafting. Complication incidence and additional therapeutic interventions were evaluated in the postoperative period.

Results: visual function improvement achieved a significant level in 12 months after the RPE grafting. In particular, BCVA increased from 0.05 (0.02; 0.08) to 0.13 (0.1; 0.2) and to 0.18 (0.14; 0.2) in 12 and 18 months after the surgery, respectively ($p=0.01$). The RS at the fixation point increased from 3.0 (0; 5.5) dB to 19.5 (3.5; 26.5) and to 21.0 (8.0; 30.0) dB in 12 and 18 months, respectively ($p=0.01$ and $p=0.02$). Mean RS in the fovea and parafovea also increased from 4.5 (2.5; 8.7) dB to 14.9 (10.0; 20.6) and 18.2 (12.5; 21.3) dB in 12 and 18 months ($p=0.03$). The fixation area decreased from 42.7 (32.6; 49.0) $^{\circ}$ to 16.7 (6.44; 23.8) $^{\circ}$ and 12.3 (7.9; 17.2) $^{\circ}$ in 12 and 18 months ($p=0.01$). In the postoperative period, 2 patients experienced PVR and retinal detachment requiring silicone retamponade, cystic macular edema ($n=2$) and recurrence of choroidal neovascularization requiring antiangiogenic therapy ($n=1$).

Conclusion: autologous RPE transplantation in patients with nAMD complicated by major SRH can improve both visual acuity and central visual field. The timely detected side effects and complications can be successfully managed by additional therapeutic interventions without affecting a final functional outcome.

KEYWORDS: age-related macular degeneration; autotranslocation; grafting; retinal pigment epithelium; subretinal hemorrhage; subretinal fibrosis

FOR CITATION: Sosnovskii S.V., Boiko E.V., Suetov A.A., Doktorova T.A., Shumova D.I. Autologous retinal pigment epithelium grafting in the context of therapy for neovascular age-related macular degeneration complicated by major subretinal hemorrhage. *Russian Journal of Clinical Ophthalmology*. 2025;25(Special Issue):90–97 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-13

ВВЕДЕНИЕ

Неоваскулярная возрастная макулярная дегенерация (нВМД) — дегенеративное заболевание сетчатки, которое ведет к необратимому снижению центрального зрения и является причиной 8,7% всех случаев слепоты в мире, особенно у людей старше 60 лет [1]. Внедрение в повседневную офтальмологическую практику антиангиогенной терапии, основанной на определении роли дисрегуляции эндотелиального сосудистого фактора роста (vascular endothelial growth factor — VEGF) в патогенезе хориоидальной неоваскуляризации (ХНВ) и разработке эффективных препаратов ингибиторов ангиогенеза, революционно изменило подходы к лечению нВМД [2–4].

Одним из осложнений нВМД, которое манифестирует резким снижением зрения и может возникнуть даже на фоне проводимой регулярной антиангиогенной терапии, является обширное субретинальное кровоизлияние (СРК) в макулярной области, обусловленное разрывом сосудов хориоидальной неоваскулярной мембраны с выходом крови в пространство между нейроретиной и пигментным эпителием сетчатки (ПЭС) или между ПЭС и хориоидеей [5]. В связи с увеличением средней продолжительности жизни в развитых странах и, соответственно, увеличением доли пациентов пожилого возраста выявляемость нВМД с каждым годом растет, что сопровождается в том числе и ростом количества случаев нВМД, осложненной СРК [6]. Так, в популяции частота СРК площадью более 1 диаметра диска (ДД) зрительного нерва составляет 24 человека на 1 млн в год, частота СРК площадью более 2 ДД — 5,4 человека на 1 млн в год [7].

Важным аспектом эффективного лечения СРК при нВМД является проведение терапии в кратчайшие сроки от развития кровоизлияния для получения положительного эффекта за счет прилегания фовеолярной сетчатки к ПЭС и предотвращения развития вторичных дегенеративных изменений нейросенсорной ткани. В соответствии с градацией FLATCAPS (Foveal involvement, Layer, Age, Thickness, Cause/Pathogenesis, Size), можно выделить малые (1–5 ДД), средние (более 5 ДД) и массивные (выходящие за пределы сосудистых аркад) СРК [5]. При этом для лечения в зависимости от объема кровоизлияния используются различные монотерапевтические и комбинированные подходы:

- ♦ монотерапия анти-VEGF препаратами, наиболее эффективная при малых СРК [8, 9];
- ♦ пневмодислокация с тромболизмом (интравитреальное введение (ИВВ) тромболитических препара-

тов и перфторорганического газа) с анти-VEGF терапией и без таковой, которые могут быть эффективны при малых и средних СРК [10];

- ♦ субретинальное введение тромболитических препаратов с пневмодислокацией с анти-VEGF терапией и без нее с витрэктомией и без таковой при массивных СРК [5, 11].

При позднем обращении пациентов с СРК за медицинской помощью, особенно при массивных кровоизлияниях, когда уже запущены и длительно идут процессы организации субретинального кровяного сгустка, методы лечения, основанные на тромболизме и пневмодислокации крови из макулярной области, даже на фоне патогенетически ориентированной антиангиогенной терапии, малоперспективны [12]. Общепринятых эффективных методов лечения в таких случаях не существует. Также нет общепринятого подхода в случаях неэффективности описанных выше лечебных алгоритмов.

Одним из направлений по лечению таких сложных ситуаций является пересадка аутологичного ПЭС, при которой не только происходит удаление из-под сетчатки макулярной области патологического содержимого (организовавшаяся кровь, детрит, ХНВ), но и компенсируется неизбежно возникающий в таких случаях дефект слоя ПЭС [5, 13, 14].

Цель исследования: изучить эффективность и безопасность пересадки аутологичного ПЭС при лечении нВМД, осложненной обширным СРК.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В проспективное исследование, проведенное в Санкт-Петербургском филиале ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, включили 8 пациентов (8 глаз) с нВМД, осложненной обширным СРК. Исследование проведено в 2021–2024 гг. в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации (в редакции 2003 г.), все участники подписывали информированное добровольное согласие на диагностическое обследование и хирургическое вмешательство.

Критерии включения: нВМД, осложненная обширным (более 5 ДД зрительного нерва) СРК. **Критерии исключения:** максимально скорректированная острота зрения (МКОЗ) более 0,1, ХНВ, не связанная с нВМД, увеиты в анамнезе, недостаточная для проведения хирургического лечения и диагностических исследований прозрачность оптических сред, сосудистые заболевания органа зрения (диабетиче-

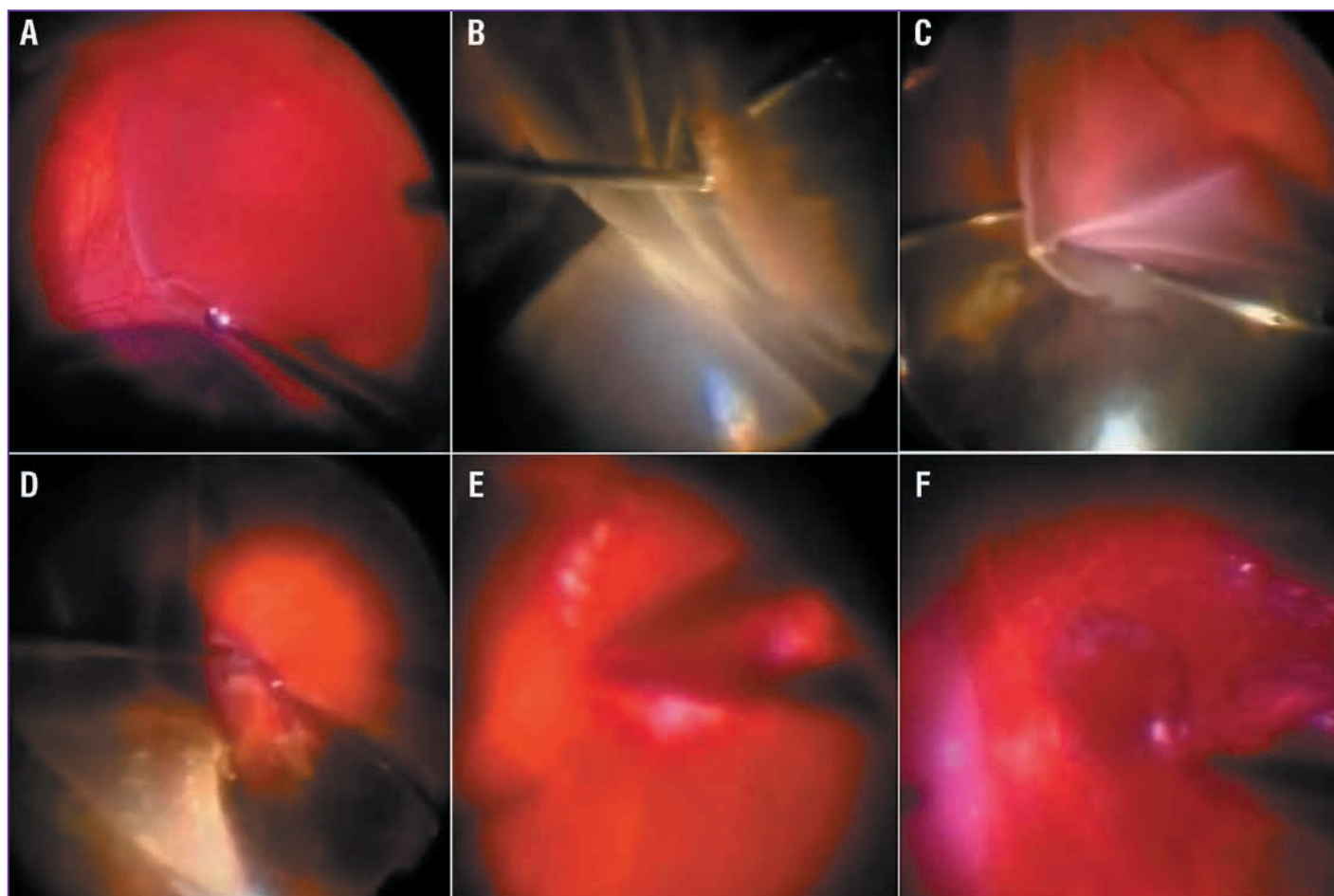


Рис. 1. Этапы пересадки аутологичного ПЭС (пояснения в тексте)

Fig. 1. Stages of autologous RPE grafting (see explanations in the text)

ская и постокклюзионная ретинопатия), отслойка сетчатки и макулярный разрыв (независимо от наличия в анамнезе и успешности хирургического лечения), афакия, дислокация или подшивная фиксация интраокулярной линзы, единственный видящий глаз.

При наличии собственного хрусталика первым этапом выполняли факоэмульсификацию с имплантацией искусственного хрусталика.

На этапе пересадки аутологичного ПЭС сначала проводили субтотальную трехпортовую витректомию 25 G. Далее выполняли индукцию отслойки сетчатки в наружных квадрантах путем субретинального введения сбалансированного раствора с помощью канюли 38 G (рис. 1A). Затем следовало гидродинамическое отслоение сетчатки в макуле путем аппаратной замены жидкости в преретинальном пространстве на стерильный воздух. Следующим этапом выполняли периферическую ретиномию 270° в наружных квадрантах (рис. 1B), отгибали мобилизованную сетчатку к диску зрительного нерва для доступа в субретинальное пространство (рис. 1C) и удаляли из него патологическое содержимое (кровь, детрит, ХНВ) (рис. 1D). Далее проводили диатермическое отграничение и последующее выкраивание в нижнелатеральном квадранте в зоне интактного ПЭС полнослойного лоскута ПЭС — хориоидею округлой формы площадью 3–4 ДД (рис. 1E), после чего перемещали выкроенный аутолоскут ПЭС в макулярную область и позиционировали его в проекции фовеа (рис. 1F). Затем восстанавливали нормальное положение сетчатки

введением перфторорганического соединения, выполняли по краю ретиномии лазеркоагуляцию и замещали перфторорганическое соединение на силиконовое масло. Удаление силиконового масла проводили в сроки от 1,5 до 2 мес. после аутоотслойки ПЭС.

Всем пациентам проводили стандартное офтальмологическое обследование. Анатомическую эффективность пересадки ПЭС оценивали по данным офтальмоскопии с фоторегистрацией и оптической когерентной томографии (ОКТ), функциональную эффективность — по данным визометрии и микропериметрии.

Фоторегистрация глазного дна. Проводили ее с помощью лазерного офтальмоскопа, встроенного в микропериметр Compass (CenterVue, Италия). **ОКТ.** Структурные изменения сетчатки и подлежащих тканей, включая трансплантат, анализировали с помощью томографов Cirrus HD-OCT 5000 (Carl Zeiss Meditec, Германия) и Solix (Optovue, США). На линейных сканах через фовеа оценивали сохранность слоев нейроретины, наличие интратретинального отека, положение аутоотрансплантата ПЭС. **Визометрия.** Исследование МКОЗ проводили монокулярно в стандартных условиях с использованием проектора знаков Huvitz SSP-3100 (Huvitz, Корея) с предъявлением буквенных оптотипов. **Фундус-контролируемая микропериметрия.** Световую чувствительность (СЧ) в макулярной области исследовали с помощью микропериметра Compass (CenterVue, Италия), используя протокол 10–2 (68 точек и 1 точка фиксации, пороговая стратегия 4–2, ахро-

матический объект III по Гольдману, время предъявления стимула 200 мс). Данные тестирования принимали для анализа при частоте ложноположительных и ложноотрицательных результатов менее 20%. Анализировали СЧ в точке фиксации, а также среднее значение СЧ для 13 точек, располагавшихся концентрично в проекции фовеа и парафовеа, и площадь зоны фиксации, которые определялись прибором автоматически.

Оптическую когерентную томографию и визометрию проводили перед пересадкой аутологичного ПЭС, затем через 1, 3, 6, 12 и 18 мес., а также при проведении дополнительных лечебных мероприятий. Фоторегистрацию и микропериметрию выполняли до лечения, через 6, 12 и 18 мес. (через 1 и 3 мес. по техническим причинам не проводили, так как силиконовая тампонада препятствует проведению микропериметрии). Безопасность пересадки ПЭС оценивали по частоте и спектру возникших в послеоперационном периоде осложнений, а также по возможности их устранения дополнительными лечебными мероприятиями.

Статистическая обработка результатов исследования проводилась с использованием методов непараметрического анализа в программе Statistica 12.0 (StatSoft Inc., США). Все количественные данные представлены как медиана и 1-й и 3-й квартили (Me [Q1; Q3]). При сравнении групп с зависимыми переменными использовали критерий Уилкоксона. Статистически значимыми считали результаты с уровнем значимости $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследуемую группу составили женщины в возрасте от 60 до 83 лет (средний возраст — 72 года) (см. таблицу). Длительность СРК до проведения пересадки ПЭС варьировала от 14 до 180 дней (в среднем 75 дней). Три пациента (№ 5, № 6, № 7) ранее получали антиангиогенную терапию по поводу нВМД (от 4 до 9 инъекций). Трем пациентам (№ 2, № 6, № 8), обратившимся в ургентном порядке по пово-

ду СРК в сроки 6, 22 и 60 дней после кровоизлияния, первым этапом была предпринята попытка пневмодислокации с фибринолизом (ИБВ рекомбинантной проурокиназы и газа C_3F_8) в комбинации с ингибитором ангиогенеза, что не привело к значимому улучшению зрения. У трех пациентов в анамнезе имелось сопутствующее заболевание — открытоугольная глаукома (I и II стадия), по поводу которой пациенты получали медикаментозное гипотензивное лечение.

Хирургическое лечение проведено в соответствии с протоколом, без интраоперационных осложнений. По данным ОКТ и офтальмоскопии, у всех пациентов перемещенный аутоолоскут располагался под макулярной зоной сетчатки в правильной ориентации пигментным эпителием к нейросенсорному слою (рис. 2). При этом фовеа располагалась над центральной зоной лоскута с интактным ПЭС. Через 1 мес. после аутоотранслокации наблюдали незначительный отек аутоолоскута, который полностью купировался к 3-му месяцу послеоперационного наблюдения и в последующем более не определялся.

При анализе функциональных показателей значение МКОЗ до пересадки ПЭС составило 0,05 [0,02; 0,08], через 1 и 3 мес. после хирургического лечения значение не изменилось и составило 0,07 [0,04; 0,1] и 0,09 [0,05; 0,1] соответственно ($p=0,25$ и $p=0,14$) (рис. 3). Через 6 мес. МКОЗ увеличилась до 0,1 [0,05; 0,13], но значимо не отличалась от предоперационного уровня ($p=0,09$). Через 12 и 18 мес. отмечено дальнейшее увеличение показателей МКОЗ до 0,13 [0,1; 0,2] и 0,18 [0,14; 0,2] и значимое отличие от предоперационных значений ($p=0,01$) (см. рис. 3).

При проведении микропериметрии до пересадки ПЭС СЧ в точке фиксации варьировала от 0 до 8 дБ, составляя в целом в группе 3,0 [0; 5,5] дБ. Через 6 мес. было отмечено увеличение СЧ в точке фиксации до 7,5 [0; 20,0] дБ ($p=0,08$). Значимое увеличение СЧ в точке фиксации было выявлено при контрольных осмотрах через 12 и 18 мес. — 19,5 [3,5; 26,5] и 21,0 [8,0; 30,0] дБ соответственно ($p=0,01$ и $p=0,02$).

Таблица. Общая характеристика пациентов с нВМД, осложненной СРК, включенных в исследование

Table. Summary of female patients with nAMD complicated by subretinal hemorrhage included in the study

№	Возраст, годы Age, years	МКОЗ BCVA	Длительность СРК, дни / SRH duration, days	Терапия нВМД до пересадки ПЭС nAMD treatment before RPE grafting	Сопутствующие заболе- вания глаз / Ophthalmo- logical comorbidities
1	64	0,01	14	–	–
2	83	0,05	84	ИБВ гемазы, газа, ИВВИА №1 / Gemase (intravitreal injection), gas, intravitreal injection of angiogenesis inhibitors №1	Глаукома / Glaucoma
3	66	0,05	65	–	Глаукома / Glaucoma
4	75	0,02	48	–	Глаукома / Glaucoma
5	60	0,08	180	ИБВ гемазы, ИВВИА №4 / Gemase (intravitreal injection), intravitreal injection of angiogenesis inhibitors №4	–
6	82	0,05	39	ИБВ гемазы, газа, ИВВИА №9 / Gemase (intravitreal injection), gas, intravitreal injection of angiogenesis inhibitors №9	–
7	74	0,09	101	ИВВИА №4 / Intravitreal injection of angiogenesis inhibitors №4	–
8	71	0,01	84	ИБВ гемазы, газа, ИВВИА №1 / Gemase (intravitreal injection), gas, intravitreal injection of angiogenesis inhibitors №1	–

Примечание. ИВВИА — ИВВ ингибиторов ангиогенеза.

Note. IVAAI — the intravitreal administration of angiogenesis inhibitors.

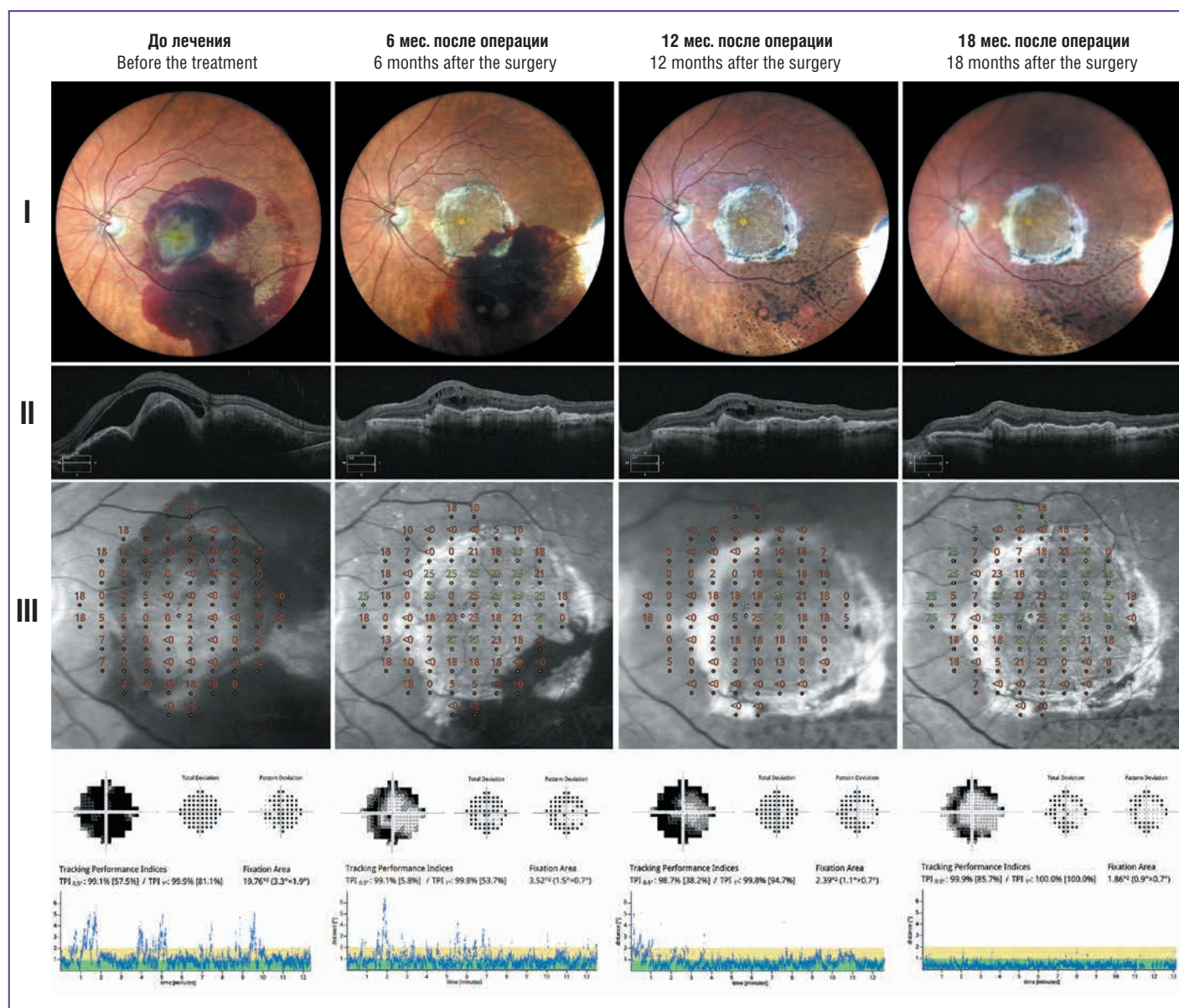


Рис. 2. Клинический пример (пациент № 2) пересадки аутологичного ПЭС: фундус-изображения (I), горизонтальный структурный ОКТ-скан через фовеа (II), результаты микропериметрии (III) в различные сроки наблюдения

Fig. 2. Clinical example (Patient 2) of autologous RPE grafting: fundus image (I), horizontal structural OCT scan through the fovea (II), microperimetry results (III) at different examination dates

При анализе средней СЧ в 13 точках паттерна, проецирующихся в зону фовеа и парафовеа, дооперационный показатель составил 4,5 [2,5; 8,7] дБ (см. рис. 3). Через 6 мес. показатель увеличился до 11,3 [9,1; 18,6] дБ, но значимо не отличался от предоперационного ($p=0,09$). Значимое увеличение средней СЧ было отмечено через 12 и 18 мес. — 14,9 [10,0; 20,6] и 18,2 [12,5; 21,3] дБ соответственно ($p=0,03$).

Площадь области фиксации при проведении микропериметрии до проведения аутоотранслокации составляла 42,7 [32,6; 49,0]°, варьируя от 8,7 до 73,3° (см. рис. 3). Через 6 мес. после пересадки ПЭС площадь области фиксации уменьшилась до 22,6 [15,9; 51,0]° ($p=0,26$), при этом значения также находились в широком диапазоне — от 2,5 до 74,3°. В дальнейшем площадь области фиксации продолжила уменьшаться, составив 16,7 [6,44; 23,8] и 12,3 [7,9; 17,2]° через 12 и 18 мес. после аутоотранслокации соответственно ($p=0,01$).

Послеоперационные осложнения были выявлены в 2 случаях в виде пролиферативной витреоретинопатии (ПВР), манифестировавшей отслойкой сетчатки. В обоих случаях ПВР развивалась в раннем послеоперационном периоде на этапе силиконовой тампонады. Для купирования ПВР предпринимали повторное витреоретинальное вмешательство с ретампонадой силиконовым маслом. В одном случае для купирования ПВР оказалось достаточно однократной ретампонады, во втором потребовалась третья витреоретинальная операция с повторной ретампонадой силиконом, после чего была достигнута компенсация пролиферативного процесса в стекловидной камере. У этих же 2 пациентов после купирования ПВР был выявлен кистозный отек сетчатки, по поводу чего проводили ИВВИА.

У 1 пациента в послеоперационном периоде развился рецидив ХНВ, манифестировавший СРК вокруг пересаженного аутоотоскута ПЭС, потребовавший возобновления регулярной антиангиогенной терапии.

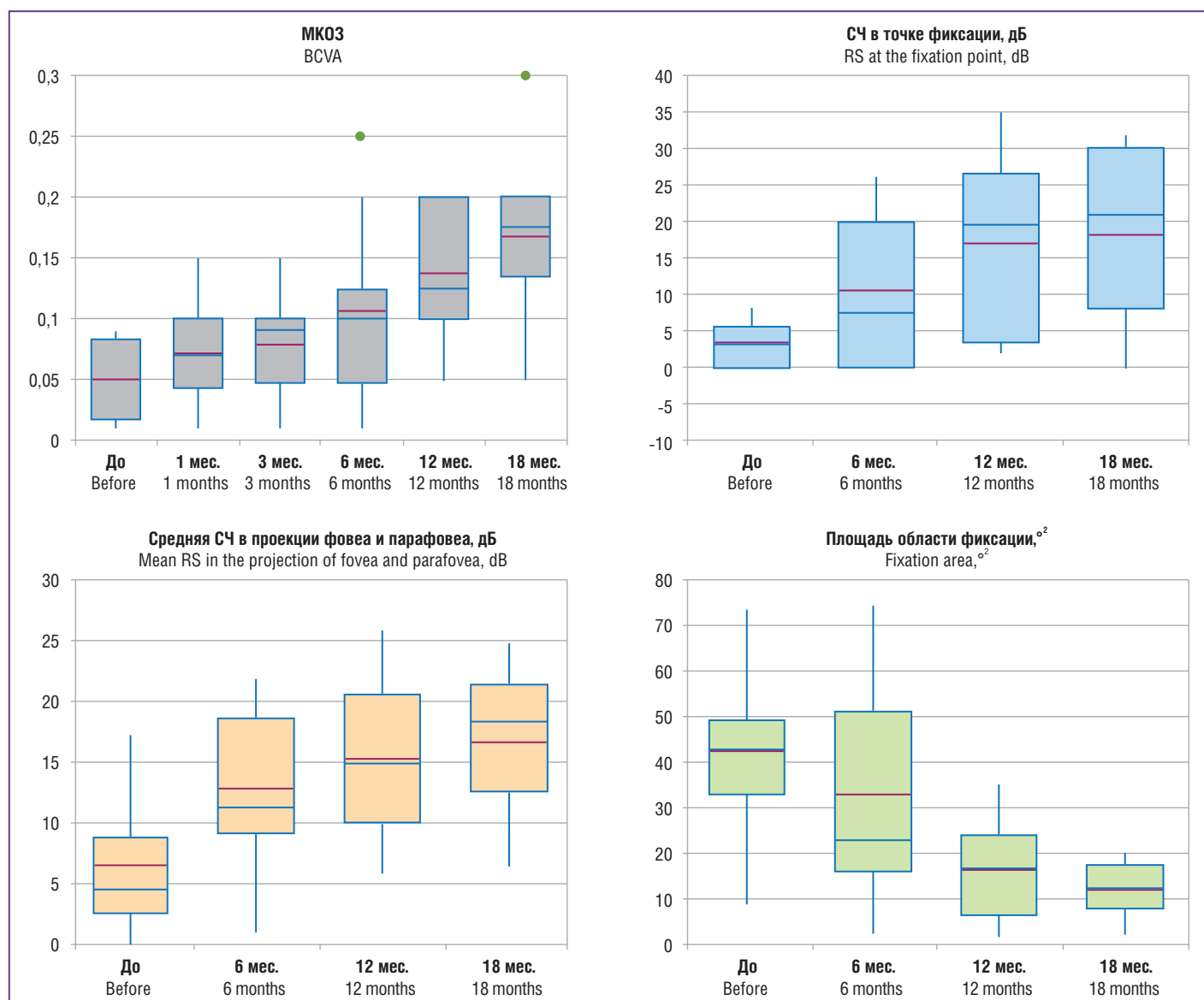


Рис. 3. Динамика функциональных показателей у пациентов после пересадки аутологичного ПЭС при нВМД, осложненной СРК

Fig. 3. Changes in functional parameters after autologous RPE grafting in patients with nAMD complicated by SRH

ОБСУЖДЕНИЕ

В проведенное исследование были включены случаи с массивными СРК, при которых кровь занимала всю область макулы и распространялась за ее пределы, то есть клинические ситуации, при которых использование традиционных методов лечения, как правило, малоэффективно [10]. Длительность кровоизлияния, превышавшая в 2 случаях 1 мес., а в 5 из 8 случаев — 2 мес., также указывает на низкие шансы функционального улучшения при традиционном лечении, поскольку продукты распада крови оказывают дополнительное токсическое воздействие на нейроретину и ПЭС, уже ранее патологически измененные вследствие нВМД, а сохраняющийся между нейросенсорной сетчаткой и сосудистой оболочкой плотный патологический субстрат в виде организованного кровяного сгустка препятствует нормальной трофике сетчатки [12]. Поэтому в 3 случаях, когда до пересадки ПЭС были предприняты попытки тромболиза и пневмодислокации крови из макулы, лечение не привело к какому-либо улучшению зрения у пациентов.

Субретинальное хирургическое вмешательство с пересадкой аутологичного интактного ПЭС с периферии глазного дна в макулярную область позволяет не только удалить патологическое содержимое под нейроретиной, но и компенсировать дефект слоя ПЭС, что создает условия для улучшения питания сохранившихся участков нейроретины с их функциональным восстановлением и улучшением зрительных функций глаза. Действительно, у всех пациентов нейроретина примыкала к трансплантированному лоскуту ПЭС, что свидетельствует о наличии устойчивого контакта наружных слоев сетчатки (фоторецепторного слоя) с клетками ПЭС. Отсутствие в послеоперационном периоде отслойки нейроретины и отека в макуле также свидетельствует о полноценном функционировании пересаженного лоскута с ПЭС и обеспечении им трофической и барьерной функций.

Несмотря на многоэтапность хирургического лечения и длительный период реабилитации, у всех пациентов наблюдалось медленное, но улучшение регистрируемых функциональных показателей, полученные результаты сви-

детельствуют о функциональной эффективности методики пересадки. При этом положительная динамика наблюдается уже через 6 мес. после пересадки ПЭС, а статистически значимые изменения регистрируются через 1 год после оперативного вмешательства.

Основной используемый в клинической практике функциональный показатель — МКОЗ. У всех пациентов в послеоперационном периоде наблюдалось увеличение МКОЗ, при этом через 1 год только у 1 пациента значение было менее 0,1, в то время как у 3 пациентов МКОЗ достигла 0,2 и более, хотя при поступлении на лечение не превышала 0,05 в условиях прозрачных оптических сред. Сходные результаты были ранее получены и другими исследователями [15–18].

Тем не менее при выраженных изменениях сетчатки вследствие нВМД показатель МКОЗ не может в полной мере отражать изменение качества зрения у пациента, поэтому для анализа эффективности хирургического вмешательства нами были использованы результаты микропериметрии. Ранее изучение динамики СЧ после такого вмешательства проводилось лишь в единичных работах на отдельных клинических наблюдениях [17]. Полученные в нашем исследовании данные являются уникальными. Наблюдаемая динамика увеличения СЧ соответствует изменению МКОЗ в послеоперационном периоде, при этом важно, что СЧ неравномерно, но увеличивалась не только в точке фиксации, но и по всей площади фовеа и парафовеа, что согласуется со структурными изменениями нейроретины над пересаженным лоскутом ПЭС.

Еще один учитываемый показатель — площадь области фиксации в условиях низких значений МКОЗ позволяет оценить сохранность центрального зрения и способности фиксировать объект. Выявленное уменьшение площади области фиксации в послеоперационном периоде также согласуется со структурно-функциональным восстановлением нейроретины в макуле. Таким образом, можно говорить об улучшении не только остроты зрения, но и центрального поля зрения.

Наиболее частым осложнением пересадки аутологичного ПЭС у пациентов в нашем исследовании стала ПВР с формированием отслойки сетчатки, что соответствует данным литературы [15, 18]. Причиной ПВР при субретинальных вмешательствах является наличие комплекса факторов, к которым относятся интраоперационно вызываемая отслойка сетчатки, обширная ретиномия, хориоидотомия в зоне забора аутолоскута, большая длительность операции. В целом частота осложнений соответствовала опубликованным ранее данным [15, 18].

Проведенное исследование имеет определенные ограничения. В частности, выборка была ограничена 8 пациентами, не учитывалось возможное влияние на функциональное состояние сетчатки проведенного ранее лечения и имеющихся сопутствующих заболеваний (глаукома). Тем не менее использованные методы анализа и наблюдаемая динамика показателей позволяют оценить методику пересадки аутологичного ПЭС по выбранным параметрам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведение пересадки аутологичного ПЭС при нВМД, осложненной обширным СРК, позволяет улучшить как остроту зрения, так и центральное поле зрения. Сво-

евременно выявленные побочные эффекты и осложнения могут быть успешно купированы дополнительными лечебными мероприятиями без влияния на конечный функциональный результат.

Литература / References

1. Wong W.L., Su X., Li X. et al. Global prevalence of age-related macular degeneration and disease burden projection for 2020 and 2040: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Glob Health*. 2014;2:e106–116. DOI: 10.1016/S2214-109X(13)70145-1
2. Файзрахманов Р.Р., Воропаев В.Ю., Суханова А.В., Шаталова Е.О. Антиангиогенная терапия неоваскулярной возрастной макулярной дегенерации. *Вестник офтальмологии*. 2021;137(1):83–93. DOI: 10.17116/oftalma202113701183
3. Fayzrachmanov R.R., Voropaev V.Yu., Sukhanova A.V., Shatalova E.O. Antiangiogenic therapy of neovascular age-related macular degeneration. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2021;137(1):83–93 (in Russ.). DOI: 10.17116/oftalma202113701183
4. Бойко Э.В., Сосновский С.В., Березин Р.Д. и др. Антиангиогенная терапия в офтальмологии. СПб.: ВМедА им. С.М. Кирова; 2013.
5. Boiko E.V., Sosnovskii S.V., Berezin R.D. et al. Antiangiogenic therapy in ophthalmology. St. Petersburg: Military Medical Academy n. a. S.M. Kirov; 2013 (in Russ.).
6. Иошин И.Э., Аноприева Т.А. Подходы к назначению антиангиогенных препаратов при терапии пациентов с неоваскулярной возрастной макулярной дегенерацией. *Российский офтальмологический журнал*. 2019;12(3):102–112.
7. Ioshin I.E., Anoprieva T.A. Principles of anti-VEGF dosing in the treatment of neovascular age-related macular degeneration. *Russian Ophthalmological Journal*. 2019;12(3):102–112 (in Russ.). DOI: 10.21516/2072-0076-2019-12-3-102-112
8. Management of Macular Hemorrhage. Hattenbach L.-O., ed. Cham: Springer International Publishing; 2018. DOI: 10.1007/978-3-319-65877-3
9. Confalonieri F., Ferraro V., Barone G. et al. Outcomes in the Treatment of Subretinal Macular Hemorrhage Secondary to Age-Related Macular Degeneration: A Systematic Review. *J Clin Med*. 2024;13:367. DOI: 10.3390/jcm13020367
10. Al-Hity A., Steel D.H., Yorston D. et al. Incidence of submacular haemorrhage (SMH) in Scotland: a Scottish Ophthalmic Surveillance Unit (SOSU) study. *Eye*. 2019;33:486–491. DOI: 10.1038/s41433-018-0239-4
11. Jeong S., Park D.-G., Sagong M. Management of a Submacular Hemorrhage Secondary to Age-Related Macular Degeneration: A Comparison of Three Treatment Modalities. *J Clin Med*. 2020;9:3088. DOI: 10.3390/jcm9103088
12. Зайцева О.В., Нероева Н.В., Охочимская Т.Д., Бобыкин Е.В. Анти-VEGF-терапия неоваскулярной возрастной макулярной дегенерации: причины недостаточной эффективности. *Вестник офтальмологии*. 2021;137(5):152–159. DOI: 10.17116/oftalma2021137051152
13. Zaytseva O.V., Neroeva N.V., Okhotsimskaya T.D., Bobykin E.V. Anti-VEGF therapy for neovascular age-related macular degeneration: causes of incomplete response. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2021;137(5):152–159 (in Russ.). DOI: 10.17116/oftalma2021137051152
14. Stanescu-Segall D., Balta F., Jackson T.L. Submacular hemorrhage in neovascular age-related macular degeneration: A synthesis of the literature. *Surv Ophthalmol*. 2016;61:18–32. DOI: 10.1016/j.survophthal.2015.04.004
15. Овчинникова А.Д., Миронов А.В., Дулгиеру Т.О. Хирургическое лечение массивных субмакулярных кровоизлияний при влажной форме возрастной макулодистрофии с автоматизированной субретинальной инъекцией. *Офтальмохирургия*. 2020;(4):43–49.

Ovchinnikova A.D., Mironov A.V., Dulgeru T.O. The surgical treatment of massive submacular hemorrhages aggravating the course of exudative form of AMD with automated subretinal injection. *Fyodorov J Ophthalmic Surg.* 2020;43–49 (in Russ.). DOI: 10.25276/0235-4160-2020-4-43-49

12. Файзрахманов Р.Р., Босов Э.Д., Шишкин М.М. и др. Современные аспекты терапии субмакулярных кровоизлияний на фоне макулярной дегенерации. *Вестник офтальмологии.* 2022;138(2):87–93. Fayzrakhmanov R.R., Bosov E.D., Shishkin M.M. et al. Modern aspects of the treatment of submacular hemorrhages secondary to macular degeneration. *Russian Annals of Ophthalmology.* 2022;138(2):87–93 (in Russ.). DOI: 10.17116/oftalma202213802187

13. Сосновский С.В., Бойко Э.В., Суев А.А. и др. Эффективность аутоотранслокации пигментного эпителия сетчатки в лечении рубцовой стадии неоваскулярной ВМД. *Вестник НМХЦ им. Н.И. Пирогова.* 2023;18(4):33–35.

Sosnovskij S.V., Boiko E.V., Suetov A.A. et al. Retinal pigment epithelium graft autotranslocation effectiveness in scarred neovascular AMD treatment. *Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center.* 2023;18(4):33–35 (in Russ.). DOI: 10.25881/20728255_2023_18_4_S1_33

14. Treumer F., Bunse A., Klatt C., Roider J. Autologous retinal pigment epithelium-choroid sheet transplantation in age related macular degeneration: morphological and functional results. *Br J Ophthalmol.* 2007;91:349–353. DOI: 10.1136/bjo.2006.102152

15. Joussen A.M., Heussen F.M.A., Joeres S. et al. Autologous Translocation of the Choroid and Retinal Pigment Epithelium in Age-related Macular Degeneration. *Am J Ophthalmol.* 2006;142:17–30.e8. DOI: 10.1016/j.ajo.2006.01.090

16. Boral S., Agarwal D., Das A., Sinha T. Long-term clinical outcomes of submacular blood removal with isolated autologous retinal pigment epithelium-choroid patch graft transplantation in long-standing large-sized submacular hematomas: An Indian experience. *Indian J Ophthalmol.* 2020;68:2148. DOI: 10.4103/ijo.IJO_1729_19

17. Van Zeeburg E.J.T., Maaijwee K.J.M., van Meurs J.C. Visual acuity of 20/32, 13.5 years after a retinal pigment epithelium and choroid graft transplantation. *Am J Ophthalmol Case Reports.* 2018;10:62–64. DOI: 10.1016/j.ajoc.2018.01.042

18. Parolini B., Di Salvatore A., Pinackatt S.J. et al. Long-term results of autologous retinal pigment epithelium and choroid transplantation for the treatment of exudative and atrophic maculopathies. *Retina.* 2020;40:507–520. DOI: 10.1097/IAE.00000000000002429

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Сергей Викторович Сосновский — к.м.н., доцент, заместитель директора Санкт-Петербургского филиала ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 192283, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Ярослава Гашека, д. 21; ORCID iD 0000-0002-7413-7478

Эрнест Витальевич Бойко — д.м.н., профессор, директор Санкт-Петербургского филиала ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 192283, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Ярослава Гашека, д. 21; заведующий кафедрой офтальмологии ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова Минздрава России; 191015, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 41; ORCID iD 0000-0002-7413-7478

Алексей Александрович Суев — к.м.н., врач-офтальмолог Санкт-Петербургского филиала ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 192283, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Ярослава Гашека, д. 21; ORCID iD 0000-0002-8670-2964

Таисия Александровна Докторов — врач-офтальмолог Санкт-Петербургского филиала ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 192283, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Ярослава Гашека, д. 21; ORCID iD 0000-0003-2162-4018

Дарья Игоревна Шумова — врач-офтальмолог Санкт-Петербургского филиала ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 192283, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Ярослава Гашека, д. 21; ORCID iD 0000-0002-1659-1576

Контактная информация: Суев Алексей Александрович, e-mail: ophtalm@mail.ru

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

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 11.11.2024.

Поступила после рецензирования 04.12.2024.

Принята в печать 27.12.2024.

ABOUT THE AUTHORS:

Sergey V. Sosnovskii — Cand. Sc. (Med.), Assistant Professor, Deputy Director of the Saint Petersburg Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 21, Yaroslav Gashek str., St. Petersburg, 192283, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-7413-7478

Ernest V. Boiko — Dr. Sc. (Med.), Professor, Director of the St. Petersburg Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 21, Yaroslav Gashek str., St. Petersburg, 192283, Russian Federation; Head of the Department of Ophthalmology, North West State Medical University named after I.I. Mechnikov; 41, Kirochnaya str., St. Petersburg, 191015, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-7413-7478

Alexey A. Suetov — Cand. Sc. (Med.), Ophthalmologist, St. Petersburg Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 21, Yaroslav Gashek str., St. Petersburg, 192283, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-8670-2964

Taisiya A. Doktorova — Ophthalmologist, St. Petersburg Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 21, Yaroslav Gashek str., St. Petersburg, 192283, Russian Federation; ORCID iD 0000-0003-2162-4018

Dariya I. Shumova — Ophthalmologist, St. Petersburg Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 21, Yaroslav Gashek str., St. Petersburg, 192283, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-1659-1576

Contact information: Alexey A. Suetov, e-mail: ophtalm@mail.ru

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

There is no conflict of interest.

Received 11.11.2024.

Revised 04.12.2024.

Accepted 27.12.2024.

DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-14

Первичная эндорезекция меланомы хориоидеи: результаты 10 лет применения

А.А. Яровой, И.М. Горшков, В.А. Яровая, В.И. Мирошников, Д.П. Володин

ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Москва, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: представить результаты 10-летнего опыта лечения пациентов с меланомой хориоидеи (МХ) методом первичной эндорезекции (ЭР).

Материал и методы: методом первичной ЭР за период с 2014 по 2024 г. было пролечено 35 пациентов (35 глаз) в возрасте от 30 до 75 лет (средний возраст — 58 лет) с МХ. Среди них было 9 (26%) женщин и 26 (74%) мужчин. По международной классификации TNM (AJCC) (2017 г.) у 11 (31%) пациентов опухоль соответствовала стадии T3, у 24 (69%) — T2. Ни у одного пациента на момент лечения метастазов МХ выявлено не было. Высота опухоли до лечения варьировалась от 6,0 до 11,6 мм (средняя — 8,2 мм), протяженность — от 7,8 до 13,9 мм (средняя — 11 мм). Средний срок наблюдения пациентов составил 69 мес.

Результаты исследования: при гистологическом исследовании материала ЭР МХ были обнаружены два варианта фенотипов меланцитов — веретенноклеточный (23 случая) и смешанный эпителиоидно-веретенноклеточный (12 случаев). После лечения максимально скорректированная острота зрения составила от светоощущения с неправильной светопроекцией до 0,8 (средняя — 0,15). В отдаленном периоде наблюдения (от 3 до 18 мес., средняя — 73 мес.) осложнения отмечались у 62% пациентов. Наиболее часто наблюдали задне-капсулярную катаракту (n=15, 43%). В 91% случаев (n=32) удалось сохранить пролеченный глаз.

Заключение: многолетний опыт наблюдения за пациентами с МХ, пролеченными методом ЭР, обосновывает эффективность, безопасность и целесообразность более широкого применения данного метода у пациентов с «большими» МХ, позволяющего избежать энуклеации без повышения риска метастазирования.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: увеальная меланома, первичная эндорезекция, витреоретинальная хирургия, меланома хориоидеи, большие опухоли.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Яровой А.А., Горшков И.М., Яровая В.А., Мирошников В.И., Володин Д.П. Первичная эндорезекция меланомы хориоидеи: результаты 10 лет применения. Клиническая офтальмология. 2025;25(спецвыпуск):98–103. DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-14

Primary endoresection of choroidal melanoma: 10-year experience results

A.A. Yarovoy, I.M. Gorshkov, V.A. Yarovaya, V.I. Miroshnikov, D.P. Volodin

S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Aim: to present 10-year experience results in choroidal melanoma (CM) management by primary endoresection (ER).

Materials and Methods: 35 patients (35 eyes) with CM aged from 30 to 75 years (mean — 58 years) were treated by the primary ER method from 2014 to 2024. There were 9 (26%) women and 26 (74%) men among them. According to the international TNM classification (AJCC) (2017), 11 (31%) and 24 (69%) patients had CMs of T3 and T2 stages, respectively. No CM metastases were detected in any patient at the time of treatment. Before the treatment, the tumor thickness ranged from 6.0 to 11.6 mm (mean — 8.2 mm), and its basal diameter ranged from 7.8 to 13.9 mm (mean — 11 mm). The average follow-up was 69 months.

Results: histological examination of the ER-related MC specimens revealed two variants of melanocyte phenotypes: spindle cell (23 cases) and mixed epithelioid-spindle cell (12 cases) ones. After the treatment, the best corrected visual acuity ranged from light perception with incorrect light projection to 0.8 (mean — 0.15). In a long-term follow-up (3 — 18 months, mean — 73 months), complications were reported in 62% of patients. In a long-term follow-up (3 — 18 months), complications were reported in 62% of patients. Posterior subcapsular cataract was the most common complication (n=15, 43%). In 91% of cases (n=32), the treated eye was preserved.

Conclusion: our long-term experience of CM endoresection proves the efficacy, safety and feasibility of wider application of the method preventing enucleation without increasing a risk of metastasis in patients with "large" CMs.

KEYWORDS: uveal melanoma, primary endoresection, vitreoretinal surgery, choroidal melanoma, large tumors.

FOR CITATION: Yarovoy A.A., Gorshkov I.M., Yarovaya V.A., Miroshnikov V.I., Volodin D.P. Primary endoresection of choroidal melanoma: 10-year experience results. Russian Journal of Clinical Ophthalmology. 2025;25(Special Issue):98–103 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-14

ВВЕДЕНИЕ

Меланома хориоидеи (МХ) — злокачественное внутриглазное новообразование меланоцитарного происхождения, характеризующееся агрессивным течением

и имеющее неблагоприятный прогноз при развитии метастазов [1]. Из всех случаев меланомы глаза и его придаточного аппарата на увеальную меланому (УМ) приходится 93%, на меланому конъюнктивы — 5%,

на меланому других структур придаточного аппарата глаза — 2% [2].

Энуклеация на сегодняшний день перестала быть методом выбора и применяется в исключительных случаях: при большой протяженности (более 16 мм) и высоте опухоли (более 7 мм), а также пери- и юкстапапиллярной локализации с распространением опухоли на диск зрительного нерва (ДЗН).

Несмотря на успехи в развитии локального лечения УМ, особо проблемной задачей при отказе пациента от энуклеации остается лечение «больших» опухолей (высотой от 6 до 10 мм) [3]. Трудность лечения данной категории пациентов обусловлена исходно большими размерами опухолями, что влечет за собой изначально, как правило, более низкие зрительные функции, а также больший риск осложнений при проведении органосохраняющих операций [4].

Брахитерапия (БТ) является основным методом лечения МХ в связи с высокой эффективностью, а также с наибольшей доступностью данного метода лечения. В нашей стране для лечения МХ наиболее широко используется БТ с Ru-106 [1, 5–7]. Однако эффективность БТ с Ru-106 снижается при высоте опухоли более 5,5–6 мм, а облучение опухолей более 6 мм может приводить к постлучевым осложнениям, для купирования которых могут потребоваться витреоретинальные вмешательства [8–10]. К другим лучевым методам лечения МХ относятся протонотерапия и стереотаксическая радиохirurgия/радиотерапия. Протонотерапия имеет серьезный недостаток — облучение от 1,5 до 3 мм здоровых тканей по периферии опухоли, а также необходимость проведения хирургического этапа для фиксации танталовых маркеров к склере. Это связано с необходимостью расширения зоны облучения ввиду возможных погрешностей при «прицеливании», а также микродвижений глаз пациента.

Стереотаксическая радиохirurgия «Гамма-нож» и «Кибер-нож» в настоящее время показывает многообещающие результаты в лечении меланомы хориоидеи, однако данный вид лечения сопряжен с риском развития потенциально опасных для зрения радиационноиндуцированных осложнений (катаракта, гемофтальм, лучевая ретинопатия, атрофия зрительного нерва и неоваскулярная глаукома). Вероятность развития постлучевых осложнений прямо пропорциональна размеру очага [11].

Еще один способ лечения УМ больших размеров — хирургическое удаление опухоли, применяются 2 варианта: трансклеральная резекция или «блокэксцизия» (склерувеоэктомия) для периферических и иридоцилиохориоидальных опухолей и трансетинальная резекция или «эндорезекция» (ЭР) для лечения МХ постэкваториальной локализации. При «больших» МХ грибовидной формы первичная ЭР с последующей БТ склерального ложа с противорецидивной целью может стать операцией выбора, так как существенно снижает лучевую нагрузку на структуры глаза. Количество публикаций, посвященных применению ЭР МХ в зарубежной литературе, немногочисленно, а в отечественной литературе — всего одно исследование, в котором результаты первичной ЭР представлены вместе с результатами ЭР после БТ [12].

Цель исследования: представить результаты 10-летнего опыта лечения пациентов с МХ методом первичной ЭР.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Методом первичной ЭР за период с 2014 по 2024 г. было пролечено 35 пациентов (35 глаз) в возрасте от 30 до 75 лет (средний возраст — 58 лет) с МХ. Среди них было 9 (26%) женщин и 26 (74%) мужчин.

По международной классификации TNM (AJCC) (2017 г.), у 11 (31%) пациентов опухоль соответствовала стадии T3, у 24 (69%) — T2. Ни у одного пациента на момент лечения метастазов МХ выявлено не было. Высота опухоли до лечения варьировалась от 6,0 до 11,6 мм (средняя — 8,2 мм), протяженность — от 7,8 до 13,9 мм (средняя — 11 мм).

В 32 (91%) случаях имела место вторичная отслойка сетчатки, средняя высота которой составила 3,7 мм (от 0,6 до 6,8 мм). МХ локализовалась в нижневнутреннем отделе у 1 пациента (3%), в нижненаружном — у 10 (28%), в нижнем — у 2 (6%), в наружном — у 6 (17%), во внутреннем — у 1 (8%), в верхненаружном — у 3 (8%), в верхневнутреннем — у 5 (14%), в верхнем — у 6 (17%).

Средняя величина максимально скорректированной остроты зрения (МКОЗ) до лечения составляла 0,4 (0,005–1,0).

Операцию проводили под общей или местной ретробульбарной анестезией. На начальных этапах исследования при эндовитреальном удалении опухоли с одновременной БТ склерального ложа операцию выполняли под общим обезболиванием (n=13 (37%)). Во время наркоза создавали медикаментозно-контролируемую гипотонию с уровнем систолического артериального давления примерно 60–70 мм рт. ст. с целью снижения риска интраоперационного кровотечения. Впоследствии все операции проводили под местной анестезией и акинезией.

Для снижения риска гематогенного метастазирования по предложенному способу (патент РФ на изобретение № 2688966, приоритет от 28.06.2018) [13] после обеспечения доступа, тщательного осмотра эписклеральной поверхности в области проекции опухоли проводили блокировку одной или двух вортикозных вен, находящихся в квадрантах локализации МХ, на расстоянии не менее 1,5–2,0 см от места выхода вены из склеры.

В случаях, когда имелись помутнения хрусталика, затрудняющие визуализацию глазного дна, проводилась фактоэмульсификация катаракты (ФЭК) по стандартной бимануальной технологии с имплантацией интраокулярной линзы (ИОЛ) в капсульный мешок.

Эндовитреальную хирургию начинали с установки 3 портов в проекции плоской части цилиарного тела с учетом локализации опухолевого очага. Для дополнительного освещения и возможности применения бимануальной техники удаления МХ устанавливали проводник 29 G, в который фиксировали эндоосветитель — шандельер высокой интенсивности Vivid (Synergetics, США). Далее проводили стандартную субтотальную витрэктомию. С помощью ретинального пинцета проводили удаление эпиретинальных мембран, а также участков плотной фиксации стекловидного тела к сетчатке. Для адаптации сетчатки, снижения риска интраоперационного кровотечения и предотвращения диссеминации опухолевых клеток витреальную полость заполняли перфторорганическим соединением (ПФОС). Следующим этапом выполняли диатермокоагуляцию сетчатки и сосудистой оболочки до склеры вокруг видимого в операционный микроскоп основания опухолевого очага

на расстояние не менее 1–1,5 мм. Далее проводили ретинотомию по границе диатермокоагуляции с последующей ретинэктомией над МХ. При удалении части МХ, обращенной к периферии глазного дна, использовали частоту резов витреотома 2000 резов/мин, а при удалении части МХ ближе к фовеа и ДЗН — 5000 резов/мин на максимальном вакууме. После удаления МХ формировали хирургическую колобому с захватом 1 мм слоя окружающих тканей с одновременной коагуляцией кровеносных сосудов. Полученный материал отправляли срочно в лабораторию для исследования. По краю хирургической колобомы и по поверхности склерального ложа выполняли эндолазеркоагуляцию для осуществления ретинопексии и профилактики рецидива МХ. Затем проводили замену ПФОС на газ или силиконовое масло и выполняли циркулярную эндолазеркоагуляцию (ЭЛК) в 2 ряда. После тампонады витреальной полости извлекали порты и на места склеротомий для герметизации накладывали узловые швы с использованием шовного материала викрил 8-0. В местах установки портов проводили криопексию в течение 30–45 с для профилактики экстра- и интрасклеральных рецидивов МХ.

С целью облучения ложа опухоли и профилактики локальных рецидивов проводили одномоментную БТ путем подшивания к эписклере на проекцию хирургической колобомы офтальмоаппликатора (ОА) с Ru-106 с поглощенной дозой облучения на внутреннюю поверхность склеры не менее 150 Гр. Снятие ОА осуществляли на следующий день после достижения необходимой поглощенной дозы на внутреннюю поверхность склеры.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием компьютерных программ MedCalc19.5.3. и Microsoft Office Excel 2019 и включала методы описательной статистики, анализ трех- и пятилетней выживаемости методом Каплана — Мейера. Для сравнения количественных признаков в зависимых выборках с учетом отсутствия нормального распределения использовался непараметрический критерий Уилкоксона.

Средний срок наблюдения пациентов составил 69 мес. (от 16 до 132 мес.).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При гистологическом исследовании материала ЭР МХ были обнаружены 2 варианта фенотипов меланоцитов — веретенноклеточный (23 случая) и смешанный эпителиоидно-веретенноклеточный (12 случаев).

К особенностям послеоперационного периода (1-я неделя после ЭР) относились транзиторные осложнения: незначительный отек век ($n=35$), большой отек и инъекция конъюнктивы ($n=35$), отек роговицы и складки десцеметовой мембраны ($n=3$), экссудат в передней камере ($n=3$), отслойка сосудистой оболочки (ОСО) в виде пузыря ($n=1$), отек сетчатки в макуле и парамакулярной области ($n=5$), гифема до 3 мм ($n=2$), частичный гемофтальм ($n=1$). В 1 случае развилась заднекапсулярная катаракта из-за контакта с газо-воздушной смесью.

В отдаленном периоде наблюдения (от 3 до 18 мес.) осложнения отмечались у 62% пациентов. Наиболее часто наблюдали заднекапсулярную катаракту ($n=15$). Реже отмечались вторичная катаракта ($n=6$), кистозный макулярный отек ($n=6$), эмульгация силиконового масла ($n=5$), рецидив отслойки сетчатки после удаления силиконового масла

($n=4$), пролиферативная витреоретинопатия ($n=3$), эпиретинальный фиброз ($n=2$), фиброз задней капсулы хрусталика ($n=2$), частичная атрофия зрительного нерва ($n=2$). Отмечались также рецидивирующее кровоизлияние в витреальную полость ($n=1$), увеит ($n=1$), гемофтальм ($n=1$), нейроретинопатия ($n=1$), субатрофия глазного яблока ($n=1$), дислокация макулярной зоны ($n=1$).

После лечения МКОЗ была в диапазоне от светощущения с неправильной светопроекцией до 0,8 (средняя — 0,15). У 19 (54%) пациентов показатель МКОЗ после лечения снизился от 25 до 80%, у 10 (28%) — более чем на 80%, у 3 (9%) отмечено незначительное улучшение МКОЗ. В целом отмечалось статистически значимое снижение МКОЗ после ЭР ($p<0,0001$, рассчитанный по критерию Уилкоксона).

В 32 (91%) случаях удалось сохранить пролеченные глаза, хотя они, согласно клиническим рекомендациям (2020) по лечению МХ, подлежали энуклеации. В 3 случаях была выполнена энуклеация ввиду рецидива опухоли ($n=2$) или развития осложнений ($n=1$). Рецидив опухоли выявлен через 10 и 15 мес. после ЭР. Трех- и пятилетний уровень сохранности глаз, рассчитанный методом Каплана — Мейера, составил 91% (рис. 1).

У 4 пациентов при сроках наблюдения 17, 20, 24, 65 мес. выявлено метастатическое поражение печени. Средний срок наблюдения за пациентами, у которых признаков диссеминации опухоли выявлено не было, составил 73 мес. (от 16 до 132 мес.). Трех- и пятилетний показатель бессобытийной выживаемости, рассчитанный методом Каплана — Мейера, составил 90 и 86% соответственно (рис. 2).

ОБСУЖДЕНИЕ

На сегодняшний день БТ является эффективным локальным методом лечения и «золотым стандартом» среди существующих органосохраняющих методов лечения МХ, что подтверждается отечественными и зарубежными исследованиями [1, 4, 5–7]. При этом показатели метастазирования и специфической выживаемости пациентов после БТ

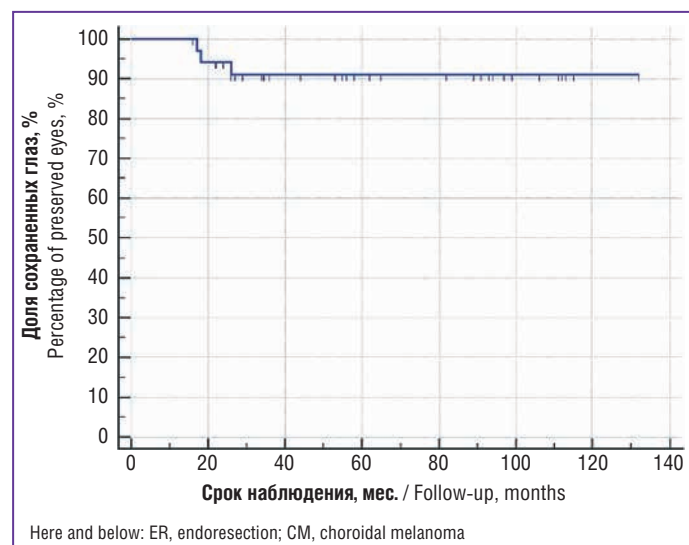


Рис. 1. Сохранность глаз, рассчитанная методом Каплана — Мейера, у пациентов после ЭР МХ

Fig. 1. Eye preservation calculated by a Kaplan-Meier method in patients experienced ER of CM

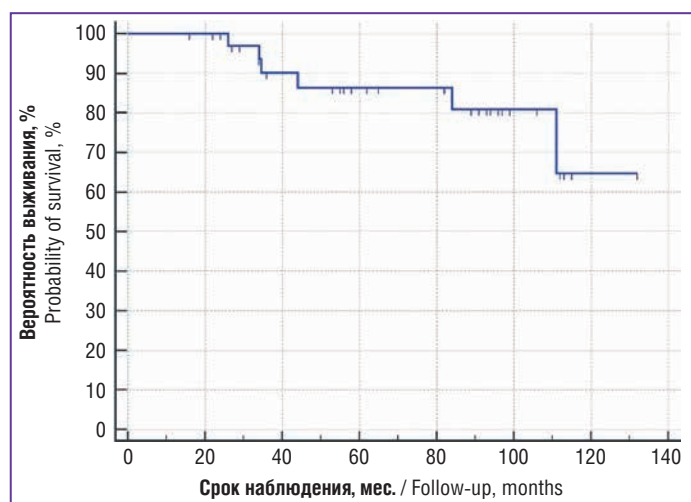


Рис. 2. Бессобытийная выживаемость у пациентов с МХ, пролеченных методом первичной ЭР

Fig. 2. Event-free survival in patients with CMs treated with a primary ER

соответствуют таковым при использовании других методов лечения МХ [14]. Фактором, существенно ограничивающим использование БТ, является высота опухолевого очага. Так, БТ с изотопом I-125, являющимся источником γ -излучения, эффективна в облучении опухолей высотой до 10 мм, по некоторым данным, до 16,8 мм. В РФ главным образом используется БТ с β -источником — Ru-106. Считается, что ОА с Ru-106 способен облучать опухоли высотой до 5–6 мм, а в ряде случаев, в комбинации с транспупиллярной термотерапией, до 8–10 мм.

Альтернативой энуклеации при лечении «больших» МХ может послужить ЭР МХ. Главным аргументом, выступающим против применения ЭР МХ, является мнение о том, что данный метод может вызывать интраоперационную диссеминацию опухолевых клеток, что может приводить к локальным рецидивам и повышать риск метастазирования [15]. Примером является опыт V. Damato et al. [16, 17], которые продемонстрировали результаты применения первичной ЭР МХ у 41 пациента, среди которых рецидив выявлялся в 8 (19%) случаях, сохранность глаз составила 70% (n=29). Стоит отметить, что это один из первых мировых опытов выполнения ЭР МХ, также хирургом не были использованы троакары с клапанами и не контролировалось внутриглазное давление во время операции.

M.J. Saminal et al. [18] сравнивали отдаленные результаты ЭР МХ и БТ I-125. Авторами были получены следующие результаты: метастатическое поражение наблюдалось у 11 пациентов в группе БТ с I-125 и у 1 пациента в группе ЭР (20,4 и 3,7% соответственно, $p=0,053$), локальный рецидив выявлен у 3 пациентов: у 1 — в группе БТ с I-125 и у 2 — в группе ЭР (1,8 и 7,4% соответственно). Десяти пациентам была выполнена вторичная энуклеация: в группе БТ — 7 (13%), в группе ЭР — 3 (11,1%). Авторы исследования пришли к выводу, что ЭР при МХ была эффективным методом лечения с результатами, аналогичными результатам использования БТ с I-125.

В то же время R. Karkhanavaz et al. [19] продемонстрировали опыт применения ЭР МХ у 20 пациентов с возникновением рецидива в 5 (25%) случаях, что превышает частоту рецидива МХ после ЭР у других авторов. Метастатическое

поражение наблюдалось у 1 пациента через 26 мес. после операции. Сами авторы делают вывод, что ЭР МХ является приемлемым вариантом лечения для сохранения глазного яблока и функционального зрения у отдельных пациентов, а отдаленные метастазы — нечастое явление при применении этого метода лечения.

С 2011 г. в системе государственного здравоохранения Бразилии использование БТ с ОА Ru-106 прекращено, A.A. Vidoris et al. [20] использовали ЭР МХ у 14 пациентов в качестве альтернативного метода лечения МХ, чтобы избежать энуклеации. По результатам 5-летнего опыта авторы сообщают о 100% сохранности глаз, отсутствии внутриглазного рецидива. Один пациент умер через 12 мес. после операции от метастатического заболевания.

За период наблюдения в исследовании J. García-Arumí et al. [21], который варьировал от 12 до 72 мес., ни одному из 25 пациентов не пришлось подвергнуться энуклеации. МКОЗ варьировалась в диапазоне от движения руки у лица до 0,6 (в среднем — 0,2), что соответствует нашим результатам. В целом существенное ухудшение МКОЗ после ЭР МХ является закономерным с учетом размеров опухоли, необходимости дополнительного иссечения здоровых тканей, а также исходной локализации опухоли (53% опухолевых очагов располагались в наружной полусфере глазного дна).

Процент осложнений после ЭР МХ в нашем исследовании коррелирует с данными литературы и варьируется от 62 до 86% [16–21]. Наиболее часто встречаются катаракта, макулярный отек и рецидив отслойки сетчатки, что соответствует и нашим данным. Развитие осложнений и их клинических проявлений приходится на 3–18-й месяц после операции, что также подтверждается результатами настоящего исследования. Самое частое осложнение — это заднекапсулярная катаракта, что является закономерным, учитывая тампонаду силиконовым маслом. Данное осложнение является курабельным и может быть безопасно устранено методом ФЭК + ИОЛ; для купирования других осложнений могут потребоваться дополнительные многократные вмешательства, в том числе и повторная эндовитреальная хирургия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, наш многолетний опыт наблюдения за пациентами с МХ, пролеченными методом ЭР, обосновывает эффективность, безопасность и целесообразность более широкого применения данного метода у пациентов с «большими» МХ, что позволяет избежать энуклеации без повышения риска метастазирования.

Литература / References

- Чесалин И.П. Оценка эффективности брахитерапии больших меланом хориоидеи: автореф. дис. ... канд. мед. наук. М.; 2016. Chesalin I.P. Evaluation of the effectiveness of brachytherapy for large choroidal melanomas: thesis. Moscow; 2016 (in Russ.).
- Shields C.L., Shields J.A. Ocular melanoma: relatively rare but requiring respect. *Clin Dermatol*. 2009;27(1):122–133. DOI: 10.1016/j.clindermatol.2008.09.010
- Щеголев А.И., Туманова У.Н., Кармазановский Г.Г. Восьмое издание Международной TNM-классификации злокачественных опухолей печени. *Медицинская визуализация*. 2017;(6):41–48. DOI: 10.24835/1607-0763-2017-6-41-48

- Shchegolev A.I., Tumanova U.N., Karmazanovsky G.G. Eighth Edition of the International TNM Classification of Malignant Tumors of the Liver. *Medical Visualization*. 2017;(6):41–48 (in Russ.). DOI: 10.24835/1607-0763-2017-6-41-48
4. Naseripour M., Jaber R., Sedaghat A. et al. Ruthenium-106 brachytherapy for thick uveal melanoma: reappraisal of apex and base dose radiation and dose rate. *J Contemp Brachytherapy*. 2016;8(1):66–73. DOI: 10.5114/jcb.2016.57818
5. Бровкина А.Ф., Стояхина А.С., Чесалин И.П. Брахитерапия меланом хориоидеи и вторичная энуклеация. *Офтальмологические ведомости*. 2014;7(2):69–77. DOI: 10.17816/OV2014269-77
- Brovkina A.F., Stoyukhina A.S., Chesalin I.P. Brachytherapy of choroidal melanomas and secondary enucleation. *Ophthalmology reports*. 2014;7(2):69–77 (in Russ.). DOI: 10.17816/OV2014269-77
6. Bechrakis N.E., Blatsios G., Haas G. Kurzer historischer Rückblick der Strahlentherapie intraokularer Tumoren [Short Review of the History of Radiotherapy for Intraocular Tumours]. *Klin Monbl Augenheilkd*. 2015;232(7):834–837 (in German). DOI: 10.1055/s-0035-1546187
7. Brewington B.Y., Shao Y.F., Davidorf F.H., Cebulla C.M. Brachytherapy for patients with uveal melanoma: historical perspectives and future treatment directions. *Clin Ophthalmol*. 2018;12:925–934. DOI: 10.2147/OPHT.S129645
8. Seibel I., Riechardt A.I., Heufelder J. et al. Adjuvant Ab Interno Tumor Treatment After Proton Beam Irradiation. *Am J Ophthalmol*. 2017;178:94–100. DOI: 10.1016/j.ajo.2017.03.027
9. McCannel T.A., Kamrava M., Demanes J. et al. 23-mm iodine-125 plaque for uveal melanoma: benefit of vitrectomy and silicone oil on visual acuity. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2016;254(12):2461–2467. DOI: 10.1007/s00417-016-3485-9
10. Cho Y., Chang J.S., Yoon J.S. et al. Ruthenium-106 Brachytherapy with or without Additional Local Therapy Shows Favorable Outcome for Variable-Sized Choroidal Melanomas in Korean Patients. *Cancer Res Treat*. 2018;50(1):138–147. DOI: 10.4143/crt.2016.391
11. Бойко Э.В., Жоголев К.С., Иванов П.И. и др. Опыт лечения пациентов с меланомой хориоидеи с помощью радиохирургической установки «Гамма-нож». *Современные технологии в офтальмологии*. 2016;1:40–43.
- Boyko E.V., Zhogolev K.S., Ivanov P.I. et al. Experience of treating patients with choroidal melanoma using the Gamma Knife radiosurgical unit. *Modern technologies in ophthalmology*. 2016;1:40–43 (in Russ.).
12. Яровой А.А., Горшков И.М., Голубева О.В. Эндовитреальное удаление увеальной меланомы: пятилетний опыт. *Эффективная фармакотерапия*. 2016;39:64–67.
- Yarovoy A.A., Gorshkov I.M., Golubeva O.V. Endovitrebral removal of uveal melanoma: five-year experience. *Effective pharmacotherapy*. 2016;39:64–67 (in Russ.).
13. Яровой А.А., Горшков И.М., Коробов Е.Н., Яровая В.А. Способ эндовитреального удаления меланомы хориоидеи с профилактикой метастазирования и тромбоземболии. Патент на изобретение № RU 2 688 966 C1. Оpubl. 23.05.2019.
- Yarovoy A.A., Gorshkov I.M., Korobov E.N., Yarovaya V.A. Method of endovitrebral removal of choroidal melanoma with prevention of metastasis and thromboembolism. Patent for invention No. RU 2 688 966 C1. Published 23.05.2019. (in Russ.).
14. Rao Y.J., Sein J., Badiyan S. et al. Patterns of care and survival outcomes after treatment for uveal melanoma in the post-coms era (2004–2013): a surveillance, epidemiology, and end results analysis. *J Contemp Brachytherapy*. 2017;9(5):453–465. DOI: 10.5114/jcb.2017.70986
15. Бровкина А.Ф. Локальное лечение меланом хориоидеи: возможности и ограничения. *Вестник офтальмологии*. 2018;134(4):52–60.
- Brovkina A.F. Local treatment of choroidal melanoma: possibilities and limitations. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2018;134(4):52–60 (in Russ.).
16. Damato B., Groenewald C., McGalliard J., Wong D. Endoresection of choroidal melanoma. *Br J Ophthalmol*. 1998;82(3):213–218. DOI: 10.1136/bjo.82.3.213
17. Hadden P.W., Hiscott P.S., Damato B.E. Histopathology of eyes enucleated after endoresection of choroidal melanoma. *Ophthalmology*. 2004;111(1):154–160. DOI: 10.1016/j.ophtha.2003.05.007
18. Caminal J.M., Mejia K., Masuet-Aumatell C. et al. Endoresection versus iodine-125 plaque brachytherapy for the treatment of choroidal melanoma. *Am J Ophthalmol*. 2013;156(2):334–342.e1. DOI: 10.1016/j.ajo.2013.03.036
19. Karkhaneh R., Chams H., Amoli F.A. et al. Long-term surgical outcome of posterior choroidal melanoma treated by endoresection. *Retina*. 2007;27(7):908–914. DOI: 10.1097/IAE.0b013e31802fa2db
20. Vidoris A.A.C., Maia A., Lowen M. et al. Outcomes of primary endoresection for choroidal melanoma. *Int J Retina Vitreous*. 2017;3:42. DOI: 10.1186/s40942-017-0096-5
21. García-Arumí J., Sararols L., Martinez V., Corcostegui B. Vitreoretinal surgery and endoresection in high posterior choroidal melanomas. *Retina*. 2001;21(5):445–452. DOI: 10.1097/00006982-200110000-00005
-
- ### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
- Яровой Андрей Александрович** — д.м.н., заведующий отделом офтальмоонкологии и радиотерапии ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 127486, Россия, г. Москва, Бескудниковский б-р, д. 59а; ORCID iD 0000-0003-2219-7054
- Горшков Илья Михайлович** — к.м.н., заведующий отделением витреоретинальной хирургии ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 127486, Россия, г. Москва, Бескудниковский б-р, д. 59а; ORCID iD 0000-0002-9370-5549
- Яровая Вера Андреевна** — к.м.н., врач-офтальмолог отдела офтальмоонкологии и радиотерапии ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 127486, Россия, г. Москва, Бескудниковский б-р, д. 59а; ORCID iD 0000-0001-8937-7450
- Мирошников Владимир Игоревич** — врач-офтальмолог, аспирант отдела офтальмоонкологии и радиотерапии ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 127486, Россия, г. Москва, Бескудниковский б-р, д. 59а; ORCID iD 0009-0006-4839-1428
- Володин Денис Павлович** — к.м.н., врач-офтальмолог, младший научный сотрудник ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 127486, Россия, г. Москва, Бескудниковский б-р, д. 59а; ORCID iD 0000-0002-3660-7803
- Контактная информация:** Мирошников Владимир Игоревич, e-mail: vladimir.miroshnikov@icloud.com
- Прозрачность финансовой деятельности:** никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.
- Конфликт интересов отсутствует.**
- Статья поступила 20.12.2024.**
- Поступила после рецензирования 10.01.2025.**
- Принята в печать 30.01.2025.**
-
- ### ABOUT THE AUTHORS:
- Andrey A. Yarovoy** — Dr. Sc. (Med.), Head of the Department of Ophthalmo-oncology and Radiotherapy, S. Fyodorov Eye

Microsurgery Federal State Institution; 59a, Beskudnikovskii blvd., Moscow, 127486, Russian Federation; ORCID iD 0000-0003-2219-7054

Il'ya M. Gorshkov — C. Sc. (Med.), Head of the Department of Vitreoretinal Surgery, S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 59a, Beskudnikovskii blvd., Moscow, 127486, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-9370-5549

Vera A. Yarovaya — C. Sc. (Med.), Ophthalmologist, Department of Ophtho-mo-oncology and Radiotherapy, S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 59a, Beskudnikovskii blvd., Moscow, 127486, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-8937-7450

Vladimir I. Miroshnikov — Ophthalmologist, Postgraduate Student of the Department of Ophtho-mo-oncology and Radiotherapy, S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State

Institution; 59a, Beskudnikovskii blvd., Moscow, 127486, Russian Federation; ORCID iD 0009-0006-4839-1428

Denis P. Volodin — C. Sc. (Med.), Ophthalmologist, Junior Scientific Officer, S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 59a, Beskudnikovskii blvd., Moscow, 127486, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-3660-7803

Contact information: Vladimir I. Miroshnikov, e-mail: vladimir.miroshnikov@icloud.com

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

There is no **conflict of interest**.

Received 20.12.2024.

Revised 10.01.2025.

Accepted 30.01.2025.

DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-15

Аутосомно-рецессивная форма наследственной оптической нейропатии Лебера (мутация в гене *DNAJC30*): клиническое наблюдение

А.Д. Чупров^{1,2}, Е.А. Пидодний¹¹Оренбургский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Оренбург, Российская Федерация²Оренбургский государственный университет, Оренбург, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Наследственная оптическая нейропатия Лебера (НОНЛ) — редкое митохондриальное заболевание, вызываемое мутациями в митохондриальной ДНК и передающееся исключительно по материнской линии. Основными мутациями, приводящими к развитию этого заболевания, являются *m.3460G>A*, *m.11778G>A* и *m.14484T>C*. В последние годы были описаны рецессивные формы НОНЛ, вызванные мутациями в генах *DNAJC30*, *MCAT*, *MECR* и *NDUFS2*. Мутации приводят к нарушению функции комплекса I дыхательной цепи митохондрий, вследствие чего снижается выработка АТФ, повышается перекисное окисление липидов и избирательно поражаются ганглиозные клетки сетчатки. Заболевание встречается у молодых людей в возрасте от 20 до 40 лет, чаще у мужчин, характеризуется острым или подострым двусторонним снижением зрения, одновременно на обоих глазах или поочередно с интервалом 2–6 мес., наличием центральных или центрокальных скотом из-за повреждения папилломакулярного пучка, дисхроматопсией. Разнообразие симптомов НОНЛ может затруднять точную диагностику и, как следствие, задерживать назначение оптимального лечения, основными направлениями которого остаются разрабатываемая генная терапия и применение идебенона. Молекулярно-генетическое тестирование — самый точный, но дорогой и длительный метод диагностики НОНЛ. Представленное клиническое наблюдение подчеркивает трудности в установлении диагноза НОНЛ и необходимость разработки новых, более доступных методов диагностики.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: наследственная оптическая нейропатия Лебера, НОНЛ, мутация в гене *DNAJC30*, молекулярно-генетическое тестирование, MLPA, мутация *m.11778G>A*.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Чупров А.Д., Пидодний Е.А. Аутосомно-рецессивная форма наследственной оптической нейропатии Лебера (мутация в гене *DNAJC30*): клиническое наблюдение. Клиническая офтальмология. 2025;25(спецвыпуск):104–109. DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-15

Autosomal recessive Leber hereditary optic neuropathy (*DNAJC30* mutation): case report

A.D. Chuprov^{1,2}, E.A. Pidodnii¹¹Orenburg Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Orenburg, Russian Federation²Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation

ABSTRACT

Leber hereditary optic neuropathy (LHON) is a rare mitochondrial disease caused by mitochondrial DNA mutations and transmitted exclusively through the maternal line. The main disease-causing mutations are *m.3460G>A*, *m.11778G>A* and *m.14484T>C*. In recent years, recessive LHONs caused by *DNAJC30*, *MCAT*, *MECR*, and *NDUFS2* mutations have been reported. The mutations lead to dysfunction of the mitochondrial respiratory chain I resulting in decreased ATP production, increased lipid peroxidation, and selective damage of retinal ganglion cells. The disease is reported in young adults (more often, in males) aged 20–40 years. It is associated with acute or subacute bilateral decreased visual acuity (simultaneously in both eyes or alternately in 2–6 months apart), central or centrocaecal scotomata induced by papillomacular bundle damage, and dyschromatopsia. The variety of LHON symptoms can complicate accurate diagnosis and, in turn, delay prescription of appropriate treatment within which gene therapy and idebenone intake are still key focuses. Molecular genetic testing is the most accurate but expensive and time-consuming method to diagnose LHON. The reported clinical observation highlights complicated LHON diagnosis and a need to develop novel readily available diagnostic methods.

KEYWORDS: Leber hereditary optic neuropathy, LHON, *DNAJC30* mutation, molecular genetic testing, MLPA, *m.11778G>A* mutation.

FOR CITATION: Chuprov A.D., Pidodnii E.A. Autosomal recessive Leber hereditary optic neuropathy (*DNAJC30* mutation): case report. Russian Journal of Clinical Ophthalmology. 2025;25(Special Issue):104–109 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-15

ВВЕДЕНИЕ

Наследственная оптическая нейропатия Лебера (НОНЛ) — наследственное митохондриальное заболевание, которое приводит к поражению, главным образом,

ганглиозных клеток сетчатки, снижая их способность генерировать достаточное количество энергии для нормальной жизнедеятельности клетки. Частота встречаемости составляет от 1:27 000 до 1:45 000. Обычно заболевание

приводит к двусторонней безболезненной утрате зрения. НОНЛ начинает развиваться в возрасте 20–40 лет, у 90% людей, теряющих зрение, это происходит до 50 лет. Острое или подострое двустороннее снижение зрения происходит одновременно на обоих глазах или поочередно с интервалом 2–6 мес. Безболезненное течение заболевания усложняет его быструю диагностику. У мужчин НОНЛ встречается в 4–5 раз чаще, чем у женщин, хотя пол и мутационный статус не оказывают значительного влияния на сроки и степень первоначальной потери зрения.

К развитию НОНЛ приводят патогенные мутации в митохондриальной ДНК, заболевание передается исключительно по материнской линии [1–3]. Более чем в 90% случаев причиной заболевания является одна из трех первичных митохондриальных мутаций: *m.3460G>A (MTND1)*, *m.11778G>A (MTND4)* и *m.14484T>C (MTND6)* [4–6]. В последние годы были описаны рецессивные формы НОНЛ, вызванные мутациями в генах *DNAJC30*, *MCAT*, *MECR* и *NDUFS2* [7–11]. Все вышеперечисленные мутации приводят к нарушению функции комплекса I дыхательной цепи митохондрий, вследствие чего снижается выработка АТФ, усиливается перекисное окисление липидов и избирательно поражаются ганглиозные клетки сетчатки. Однако симптомы проявляются не у всех носителей мутаций из-за вариабельной гетероплазмы тканей. Генетические факторы и условия окружающей среды, включая травмы, токсины, стресс и курение, а также иммунные аспекты влияют на клиническую картину и прогрессирование заболевания [12].

На сегодняшний день известно два основных подхода к лечению НОНЛ: разработка генной терапии и патогенетическая терапия.

В многоцентровом рандомизированном двойном слепо-плацебо-контролируемом клиническом исследовании III фазы RESCUE оценивали эффективность применения в качестве генной терапии единственной интравитреальной инъекции gAAV2/2-ND4 в один глаз у пациентов с мутацией *m.11778G>A* в течение 6 мес. после начала потери зрения. В результате исследования было продемонстрировано неожиданное двустороннее частичное улучшение зрения у пациентов, получивших одностороннюю генную терапию НОНЛ. Это улучшение могло быть обусловлено как эффективностью лечения, так и естественным течением заболевания, эффектом обучения и другими факторами [13].

В качестве патогенетической терапии применяют препарат идебенон, одобренный Food and Drug Administration (FDA), представляющий собой мощный антиоксидант, стимулирующий функцию митохондрий минуя I дыхательную цепь и восстанавливающий выработку АТФ [14, 15]. Проводимое с 2016 по 2021 г. международное многоцентровое исследование LEROS (ClinicalTrials.gov NCT02774005) подтвердило долгосрочную эффективность идебенона в дозе 900 мг/сут в подострой/динамической и хронической фазах [16].

Недавнее исследование продемонстрировало улучшение зрительных функций, восприятия цветов и контрастной чувствительности при местном применении элампретиды у 12 пациентов с НОНЛ, при этом серьезные побочные эффекты не наблюдались [17]. Элампретид — небольшой тетрапептид, который воздействует на митохондрии и проявляет терапевтический эффект, будучи безопасным для лечения ряда заболеваний, связанных с митохондриальной дисфункцией. В контексте нейродегенеративных заболеваний обширные исследования свидетельствуют о том,

что элампретид улучшает митохондриальное дыхание, активирует митохондриальный биогенез в нейронах благодаря регуляторам митохондриального биогенеза (peroxisome proliferator-activated receptor-gamma coactivator-1 alpha (PGC-1α) и mitochondrial transcription factor A (TFAM)) и факторам транслокации (белок внешней митохондриальной мембраны TOM-20), а также усиливает процессы слияния митохондрий (митохондриальный нуклеотидный фактор 1 (MNF-1), MNF-2 и динамин-подобная ГТФаза (OPA-1)), подавляет их деление (митохондриальный белок деления 1 (FIS-1) и связанный с динамином белок 1 (DRP-1)) и способствует митофагии, что делает этот препарат перспективным для лечения НОНЛ и требует дальнейших исследований [18].

Клиническое наблюдение

В Оренбургский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России в ноябре 2023 г. обратился пациент А. 32 лет с жалобами на снижение зрения левого глаза, «пятно в центре» в течение последних 3 мес. К офтальмологу ранее не обращался. Наследственный анамнез не отягощен: родители здоровы, по отцовской и материнской линии клинических проявлений заболевания не было. Комплексное клинко-функциональное обследование пациента включало визометрию, периметрию, компьютерную периметрию, авторефрактометрию, офтальмоскопию, фоторегистрацию глазного дна, оптическую когерентную томографию (ОКТ) макулярной зоны и диска зрительного нерва (ДЗН). В ФГБНУ «МГНЦ» выполнено молекулярно-генетическое тестирование методом мультиплексной лигазной цепной реакции (MLPA) на частые мутации НОНЛ.

Острота зрения с максимально возможной коррекцией на момент обращения составила OD=0,5, не корригирует, OS=0,05, не корригирует. Данные пневмотонометрии: внутриглазное давление (ВГД) правого глаза 17 мм рт. ст., левого глаза — 19 мм рт. ст. Проведена периметрия по Ферстеру, отмечалась центральная абсолютная скотома на правом глазу, жалоб на которую пациент не предъявлял (рис. 1). В результате проведения компьютерной периметрии (PTS 2000, Optopol Technology, Польша) получены следующие данные: OD — светочувствительность сетчатки (MS) снижена, локализация дефектов светочувствительности во всех секторах, множественные абсолютные скотомы в секторах 5–30°; OS — светочувствительность сетчатки (MS) снижена, локализация дефектов светочувствительности в верхневисочном, верхненосовом, нижненосовом секторах, абсолютные скотомы в секторах 5–30°. Оптические среды прозрачные, при офтальмоскопии глазное дно правого глаза без особенностей: ДЗН бледно-розовый, контуры четкие, артерии, вены не изменены, макулярная область без особенностей; на левом глазу: ДЗН деколорирован, контуры четкие, артерии, вены не изменены, зона макулы в норме (рис. 2). По данным ОКТ (Optovue SOLIX, Optovue, США) правого глаза толщина перипапиллярных волокон в норме, отмечалось незначительное уменьшение толщины аксонов ганглиозных клеток; на левом глазу значительное истончение перипапиллярных волокон и уменьшение толщины клеток ганглиозного слоя сетчатки (рис. 3). В результате проведенных исследований был установлен предварительный диагноз: нисходящая частичная атрофия зрительного нерва(?). Рекомендовано обследование у невролога, магнитно-резонансная томография (МРТ) головного мозга и орбит.

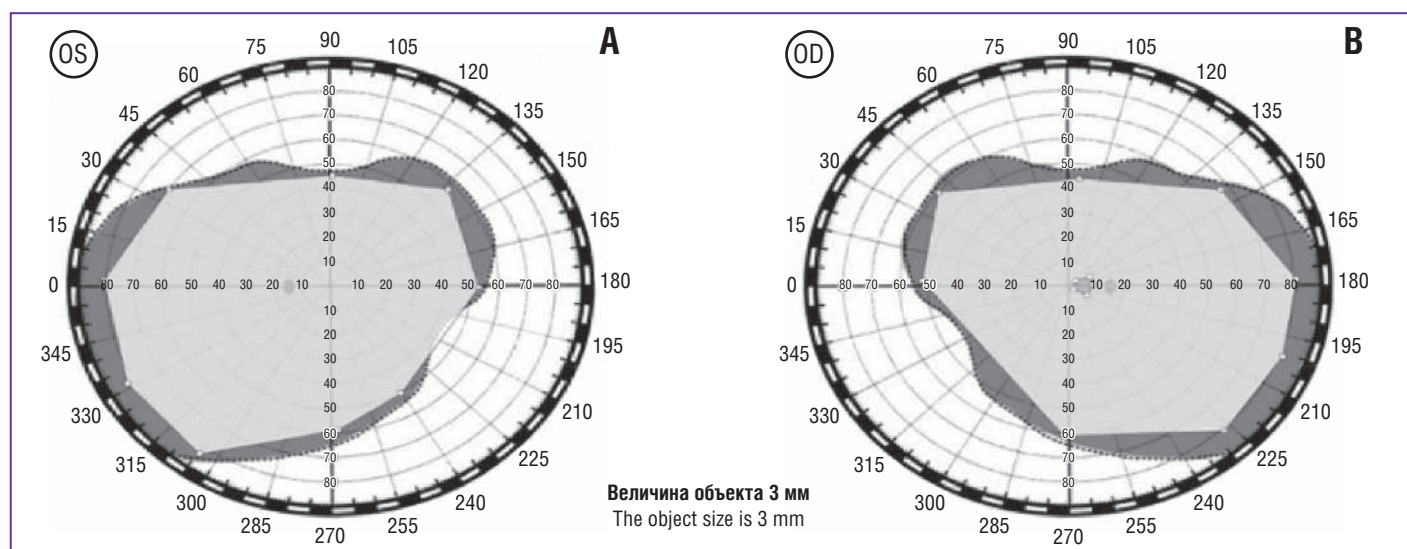


Рис. 1. Данные периметрии пациента А.: А — левый глаз, В — правый глаз

Fig. 1. Patient A., perimetry data: A — left eye, B — right eye

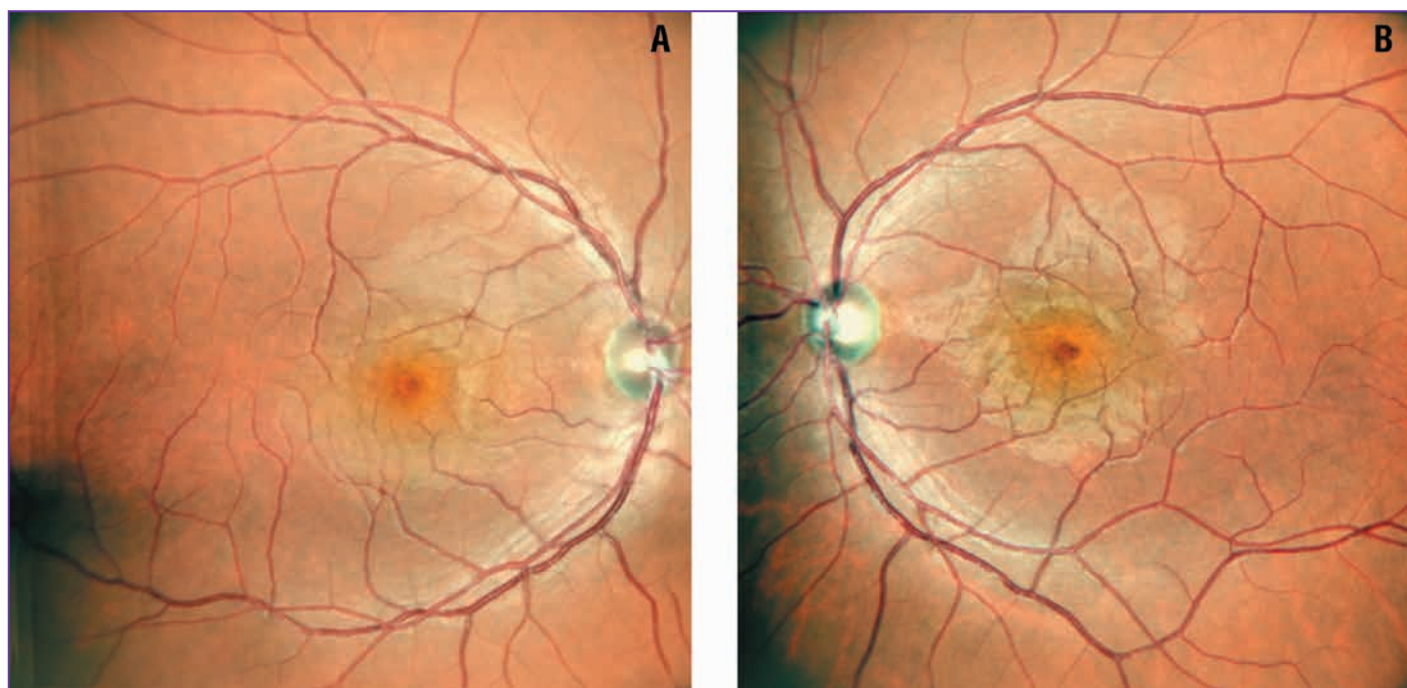


Рис. 2. Фотография глазного дна пациента А.: А — правый глаз, В — левый глаз

Fig. 2. Patient A., fundus picture: A — left eye, B — right eye

Повторно с результатами дополнительного обследования пациент обратился через 3 мес., в феврале 2024 г. По результатам МРТ головного мозга с контрастным усилением обнаружены признаки расширения периваскулярных пространств, отмечалась зона структурных изменений левой половины аденогипофиза, подозрительная на микроаденому. Неврологом рекомендовано динамическое наблюдение, контроль состояния гипофиза с помощью МРТ. К жалобам на снижение зрения левого глаза присоединились жалобы на ухудшение зрения правого глаза. Острота зрения при повторном обращении OD=0,1, не корригирует, OS=0,05, не корригирует. При проверке цветового восприятия с помощью полихроматических таблиц Е.Б. Рабкина у пациента выявлена выраженная дисхроматопсия на обоих глазах. По данным

ОКТ сетчатки и зрительного нерва на обоих глазах наблюдалось значительное истончение перипапиллярных волокон и уменьшение толщины клеток ганглиозного слоя сетчатки (рис. 4). Отмечалась отрицательная динамика. На основании анамнестических данных и данных дополнительных методов исследования пациенту установлен диагноз: OU — частичная атрофия зрительного нерва неясного генеза, наследственная оптическая нейропатия Лебера (?).

Назначена антиоксидантная, нейропротективная и метаболическая терапия. Рекомендовано генетическое исследование крови для исключения НОНЛ. Результат молекулярно-генетического исследования был получен в апреле 2024 г., спустя 6 мес. от первичного обращения пациента. Методом MLPA пациенту проведен тест на частые мутации,

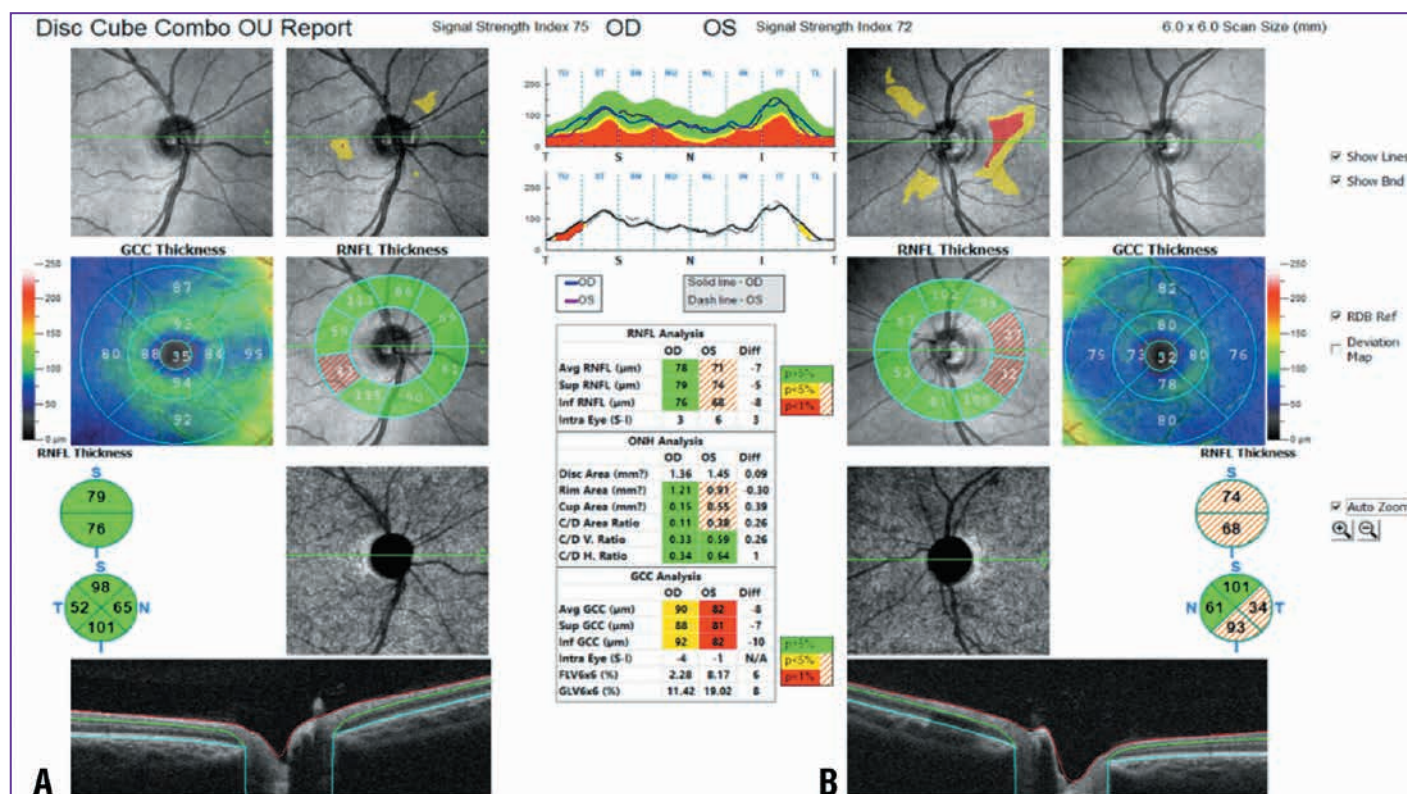


Рис. 3. Данные ОКТ ДЗН и ганглиозного слоя сетчатки пациента А., ноябрь 2023 г.: А — правый глаз, В — левый глаз
 Fig. 3. Patient A., optic disc and retinal ganglion layer, OCT data (November 2023): A — right eye, B — left eye

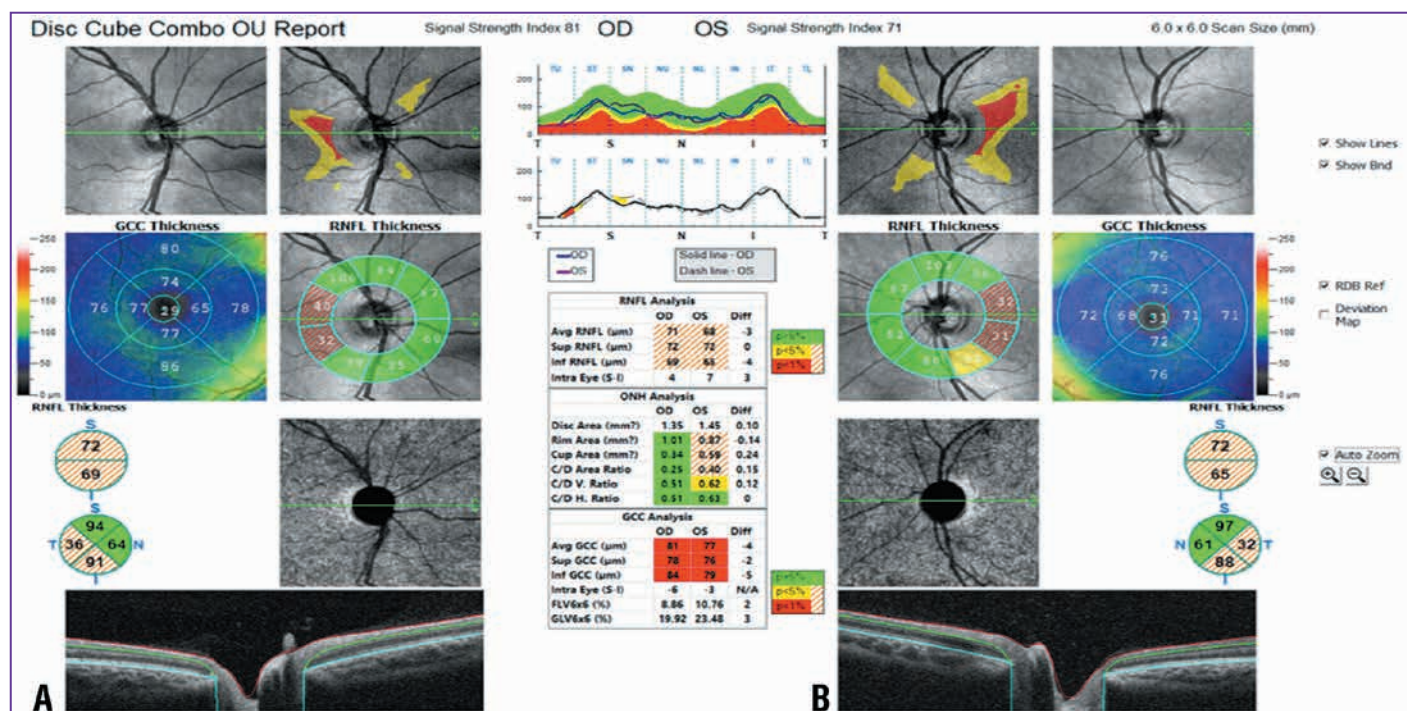


Рис. 4. Данные ОКТ ДЗН и ганглиозного слоя сетчатки пациента А. через 3 мес., февраль 2024 г.: А — правый глаз, В — левый глаз

Fig. 4. Patient A., optic disc and retinal ganglion layer, OCT data, Month 3 (February 2024): A — right eye, B — left eye

вызывающие НОНЛ. Мутаций *m.3460G>A*, *m.14484T>C*, *m.11778G>A*, *m.3697 G>A*, *m.10197G>A*, *m.14459G>A*, *m.13513G>A*, *m.13051G>A*, *m.3472T>C*, *m.10663T>C*, *m.14482C>A/G*, *m.14495A>G*, *m.14502T>C*, *m.14568C>T*, *m.3376G>A*, *m.3635G>A*, *m.3700G>A*, *m.3733G>A* не об-

наружено. Дополнительно было проведено исследование частой мутации в гене *DNAJC30: NM_032317:c.152A>G* (*p.Y51C*), вызывающей аутосомно-рецессивную форму НОНЛ (OMIM 619982). Данная мутация выявлена в гомозиготном состоянии [19].

Обсуждение

Клинические проявления НОНЛ разнообразны. В представленном клиническом наблюдении на этапе первичного обследования пациента было необходимо проведение дифференциальной диагностики между НОНЛ и другими возможными причинами нисходящей оптической атрофии. Среди возможных причин развившегося состояния рассматривали оптический неврит, ассоциированный с воспалительными процессами; токсико-метаболические нейропатии (например, алкогольную или медикаментозную); компрессионные процессы, обусловленные опухолевыми образованиями или сосудистыми аномалиями; аутоиммунные поражения зрительного нерва. Проведенное клинико-функциональное обследование, ОКТ и МРТ головного мозга исключили признаки воспалительного процесса или структурных изменений, свидетельствуя в пользу дегенеративной природы патологии. Отсутствие улучшения после коррекции состояния пациента, нарастание симптоматики и двустороннее ухудшение зрения подтвердили высокую вероятность наследственного характера заболевания. Кроме того, у пациента наблюдались специфические нарушения зрения, такие как центральная или центрощекальная скотомы, обусловленные повреждением папилломакулярного пучка, характерные для НОНЛ [20, 21]. Окончательно диагноз был подтвержден данными молекулярно-генетического тестирования методом MLPA, с помощью которого возможно выявление частых точечных мутаций в митохондриальной ДНК, ответственных за развитие НОНЛ.

Таким образом, клиническая картина НОНЛ может быть довольно разнообразной и схожей с симптомами других оптических невритов различного генеза. Это разнообразие проявлений может затруднить установление точного диагноза и, как следствие, отсрочить назначение корректного лечения. Н.Л. Шеремет и соавт. [22] разработали метод ранней диагностики НОНЛ с помощью ОКТ, позволяющий на ранних стадиях дифференцировать это заболевание от других видов оптической нейропатии в зависимости от толщины слоев нервных волокон и ганглиозных клеток сетчатки. Позже Н.Л. Шеремет и соавт. [23] предложили способ диагностики НОНЛ с использованием культуры фибробластов, в которую добавляли на определенное время паракват с последующей оценкой количества живых фибробластов по флуоресцентному сигналу. Если живых клеток оказывалось $\geq 50\%$ по сравнению с нормальными значениями, диагностировали НОНЛ. Тем не менее на сегодняшний день самым точным методом диагностики НОНЛ остается молекулярно-генетическое тестирование.

Заключение

Представленное клиническое наблюдение демонстрирует сложность диагностики НОНЛ, основным и наиболее надежным методом которой на сегодняшний день остается молекулярно-генетическое тестирование. Однако этот метод, хотя и обладает высокой точностью в идентификации мутаций, вследствие которых развивается заболевание, характеризуется относительно высокой стоимостью и продолжительным временем выполнения анализа. Именно поэтому необходимо сосредоточить усилия на разработке более доступных и менее затратных методов диагностики НОНЛ. Перспективным направлением может стать поиск биомаркеров — напри-

мер, идентификация специфических молекул или связей, присутствующих в крови или других биологических жидкостях, характерных именно для этого заболевания.

Литература / References

1. Yu-Wai-Man P., Turnbull D.M., Chinnery P.F. Leber hereditary optic neuropathy. *J Med Genet.* 2002;39(3):162–169. DOI: 10.1136/jmg.39.3.162
2. Hage R., Vignal-Clermont C. Leber Hereditary Optic Neuropathy: Review of Treatment and Management. *Front Neurol.* 2021;12:651639. DOI: 10.3389/fneur.2021.651639
3. Puomila A., Hämäläinen P., Kivioja S. et al. Epidemiology and penetrance of Leber hereditary optic neuropathy in Finland. *Eur J Hum Genet.* 2007;15(10):1079–1089. DOI: 10.1038/sj.ejhg.5201828
4. Yu-Wai-Man P., Griffiths P.G., Brown D.T. et al. The epidemiology of Leber hereditary optic neuropathy in the North East of England. *Am J Hum Genet.* 2003;72(2):333–339. DOI: 10.1086/346066
5. Chi S.C., Cheng H.C., Wang A.G. Leber Hereditary Optic Neuropathy: Molecular Pathophysiology and Updates on Gene Therapy. *Biomedicines.* 2022;10(8):1930. DOI: 10.3390/biomedicines10081930
6. Newman N.J., Carelli V., Taiel M., Yu-Wai-Man P. Visual Outcomes in Leber Hereditary Optic Neuropathy Patients With the m.11778G>A (MTND4) Mitochondrial DNA Mutation. *J Neuroophthalmol.* 2020;40(4):547–557. DOI: 10.1097/WNO.0000000000001045
7. Newman N.J., Yu-Wai-Man P., Bioussé V., Carelli V. Understanding the molecular basis and pathogenesis of hereditary optic neuropathies: towards improved diagnosis and management. *Lancet Neurol.* 2023;22(2):172–188. DOI: 10.1016/S1474-4422(22)00174-0
8. Stenton S.L., Sheremet N.L., Catarino C.B. et al. Impaired complex I repair causes recessive Leber's hereditary optic neuropathy. *J Clin Invest.* 2021;131(6):e138267. DOI: 10.1172/JCI138267
9. Gerber S., Ding M.G., Gérard X. et al. Compound heterozygosity for severe and hypomorphic *NDUFS2* mutations cause non-syndromic LHON-like optic neuropathy. *J Med Genet.* 2017;54(5):346–356. DOI: 10.1136/jmedgenet-2016-104212
10. Kieninger S., Xiao T., Weisschuh N. et al. *DNAJC30* disease-causing gene variants in a large Central European cohort of patients with suspected Leber's hereditary optic neuropathy and optic atrophy. *J Med Genet.* 2022;59(10):1027–1034. DOI: 10.1136/jmedgenet-2021-108235
11. Fiorini C., Degiorgi A., Cascavilla M.L. et al. Recessive *MECR* pathogenic variants cause an LHON-like optic neuropathy. *J Med Genet.* 2023;61(1):93–101. DOI: 10.1136/jmg-2023-109340
12. Shemesh A., Sood G., Blair K., Margolin E. Leber Hereditary Optic Neuropathy (LHON). 2024 Mar 1. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025. PMID: 29494105
13. Newman N.J., Yu-Wai-Man P., Carelli V. et al. Efficacy and Safety of Intravitreal Gene Therapy for Leber Hereditary Optic Neuropathy Treated within 6 Months of Disease Onset. *Ophthalmology.* 2021;128(5):649–660. DOI: 10.1016/j.opht.2020.12.012
14. Carelli V., La Morgia C., Valentino M.L. et al. Idebenone treatment in Leber's hereditary optic neuropathy. *Brain.* 2011;134(Pt 9):e188. DOI: 10.1093/brain/awr180
15. Haefeli R.H., Erb M., Gemperli A.C. et al. NQO1-dependent redox cycling of idebenone: effects on cellular redox potential and energy levels. *PLoS One.* 2011;6(3):e17963. DOI: 10.1371/journal.pone.0017963
16. Yu-Wai-Man P., Carelli V., Newman N.J. et al. Therapeutic benefit of idebenone in patients with Leber hereditary optic neuropathy: The LEROS nonrandomized controlled trial. *Cell Rep Med.* 2024;5(3):101437. DOI: 10.1016/j.xcrm.2024.101437
17. Karanjia R., Sadun A.A. Elamipretide Topical Ophthalmic Solution for the Treatment of Subjects with Leber Hereditary Optic Neuropathy: A Randomized Trial. *Ophthalmology.* 2024;131(4):422–433. DOI: 10.1016/j.opht.2023.10.033

18. Nhu N.T., Xiao S.Y., Liu Y. et al. Neuroprotective Effects of a Small Mitochondrially-Targeted Tetrapeptide Elamipretide in Neurodegeneration. *Front Integr Neurosci.* 2022;15:747901. DOI: 10.3389/fnint.2021.747901
19. Kogelnik A.M., Lott M.T., Brown M.D. et al. MITOMAP: a human mitochondrial genome database. *Nucleic Acids Res.* 1996;24(1):177–179. DOI: 10.1093/nar/24.1.177
20. Barboni P., Savini G., Feuer W.J. et al. Retinal nerve fiber layer thickness variability in Leber hereditary optic neuropathy carriers. *Eur J Ophthalmol.* 2012;22(6):985–991. DOI: 10.5301/ejo.5000154
21. Шеремет Н.Л., Ронзина И.А., Галоян Н.С., Казарян Э.Э. Современные методы исследования зрительного нерва при оптических нейропатиях различного генеза. *Вестник офтальмологии.* 2011;127(2):15–18.
- Sheremet N.L., Ronzina I.A., Galoian N.S., Kazarian E.E. Up to date methods of optic nerve evaluation in patients with optic neuropathy of various etiology. *Russian Annals of Ophthalmology.* 2011;127(2):15–18 (in Russ.).
22. Шеремет Н.Л., Галоян Н.С., Ханакова Н.А. и др. Способ диагностики наследственной оптической нейропатии Лебера. Патент РФ на изобретение № 2513596/ 20.04.2014. Бюл. № 11.
- Sheremet N.L., Galoyan N.S., Khanakova N.A. et al. Method for diagnosing Leber hereditary optic neuropathy. Patent RU № 2513596. April 20, 2014. Bull. № 11 (in Russ.).
23. Шеремет Н.Л., Невиницына Т.А., Лямзаев К.Г. и др. Способ диагностики наследственной оптической нейропатии Лебера. Патент РФ на изобретение № 2617803. опубл. 26.04.2017. Бюл. № 12.
- Sheremet N.L., Nevinityna T.A., Lyamzaev K.G. et al. Method for diagnosing Leber hereditary optic neuropathy. Patent RU № 2617803. Published April 26, 2017. Bull. № 12.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Чупров Александр Дмитриевич — д.м.н., профессор, директор Оренбургского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 460047, Россия, г. Оренбург, ул. Салмышская, д. 17; заведующий кафедрой медико-биологической

техники Оренбургского государственного университета; 460018, Россия, г. Оренбург, пр-т Победы, д. 13; ORCID iD 0000-0001-7011-4220

Пидодний Екатерина Александровна — заведующая отделением диагностики Оренбургского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 460047, Россия, г. Оренбург, ул. Салмышская, д. 17; ORCID iD 0000-0001-9945-3293

Контактная информация: Пидодний Екатерина Александровна; e-mail: nauka@ofmntk.ru

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

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 20.12.2024.

Поступила после рецензирования 14.01.2025.

Принята в печать 06.02.2025.

ABOUT THE AUTHORS:

Alexander D. Chuprov — Dr. Sc. (Med.), Professor, Director of the Orenburg Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 17, Salmyskaya str., Orenburg, 460047, Russian Federation; Head of the Department of Biomedical Engineering, Orenburg State University; 13, Pobedy Ave., Orenburg, 460018, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-7011-4220

Ekaterina A. Pidodnii — Head of the Diagnostic Department, Orenburg Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 17, Salmyskaya str., Orenburg, 460047, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-9945-3293

Contact information: Ekaterina A. Pidodnii; e-mail: nauka@ofmntk.ru

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

Conflict of interest: no conflict of interest.

Received 20.12.2024.

Revised 14.01.2025.

Accepted 06.02.2025.

Результаты применения метода биологической обратной связи в лечении детей с амблиопией

А.Е. Воронина^{1,2}, Э.А. Петросян¹

¹Оренбургский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Оренбург, Российская Федерация
²ФГБОУ ВО ОрГМУ Минздрава России, Оренбург, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Введение: амблиопия возникает вследствие аномального зрительного опыта в первые 7–10 лет жизни ребенка. Каждый случай амблиопии уникален, и методы, которые подходят одному пациенту, могут не подходить другому. Например, адаптация лечения может потребоваться в зависимости от возраста пациента, степени амблиопии и наличия сопутствующих заболеваний. Разнообразие методик позволяет индивидуализировать подходы, что может повысить эффективность лечения.

Цель исследования: оценить результаты комплексного лечения амблиопии с применением метода биологической обратной связи (БОС) у детей.

Материал и методы: под наблюдением находилось 96 детей (144 глаза) с амблиопией разной степени. Все пациенты случайно были разделены на 2 однородные группы. Пациенты 1-й группы получали комплексное лечение с применением лазерного офтальмотерапевтического аппарата для стимуляции сетчатки, физиотерапевтического аппарата для транскраниальной электростимуляции и магнито-терапии бегущим магнитным полем, офтальмологического тренажера для коррекции зрения, а во 2-й группе в дополнение к перечисленным аппаратам использовали метод БОС.

Результаты исследования: исходно максимальная корригированная острота зрения (МКОЗ) у пациентов 1-й группы была $0,48 \pm 0,03$, на 10-е сутки лечения — $0,62 \pm 0,02$, а во 2-й группе МКОЗ исходно — $0,47 \pm 0,02$, при выписке — $0,69 \pm 0,04$ ($p \leq 0,05$). Через 5 мес. МКОЗ в 1-й группе уменьшилась на 1,61%, во 2-й же группе средняя МКОЗ увеличилась на 5,8%. При оценке МКОЗ до и после лечения в зависимости от вида амблиопии наилучшие результаты были получены во 2-й группе у пациентов с рефракционной амблиопией. Так, исходная МКОЗ увеличилась с $0,51 \pm 0,04$ на 47,06% и составила $0,75 \pm 0,03$ на 10-е сутки, при этом практически не снизилась через 5 мес. У пациентов с дисбинокулярной амблиопией результаты были лучше именно у пациентов 1-й группы: МКОЗ с $0,43 \pm 0,02$ увеличилась до $0,58 \pm 0,03$ к 5 мес. наблюдения, тогда как во 2-й группе положительная динамика была существенно менее выраженной. МКОЗ у пациентов, имеющих анизометропическую амблиопию, как в 1-й, так и во 2-й группе была исходно меньше, чем при других типах амблиопии. Выявлено, что наиболее эффективно лечение амблиопии слабой и средней степени — результаты в виде повышения МКОЗ получены у пациентов обеих групп. Пациенты с высокой степенью амблиопии также продемонстрировали положительную динамику: в 1-й группе МКОЗ после лечения увеличилась в 1,5 раза, во 2-й группе — в 2,1 раза; через 5 мес. в 1-й группе — в 1,88 раза, а во 2-й группе — в 3,29 раза.

Заключение: комплексное аппаратное лечение амблиопии всех типов и степеней эффективно, однако применение в комплексном лечении метода БОС значительно повышает эффективность, а также показывает более стабильную МКОЗ через 5 мес. после лечения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: амблиопия, комплексное лечение, биологическая обратная связь, рефракционная амблиопия, анизометропическая амблиопия, дисбинокулярная амблиопия.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Воронина А.Е., Петросян Э.А. Результаты применения метода биологической обратной связи в лечении детей с амблиопией. Клиническая офтальмология. 2025;25(спецвыпуск):110–115. DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-16

Biofeedback method to treat pediatric amblyopia: outcomes

A.E. Voronina^{1,2}, E.A. Petrosyan¹

¹Orenburg Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Orenburg, Russian Federation

²Orenburg State Medical University, Orenburg, Russian Federation

ABSTRACT

Background: amblyopia is caused by abnormal visual experience within the first 7–10 years of a child's life. As each amblyopia case is unique, a therapeutic method suitable for one patient may be a bad match for another. For example, a patient's age, amblyopia severity and concomitant diseases may require treatment adjustment. Since therapeutic approaches can be personalized due to method diversity, this may increase the treatment efficiency.

Aim: to evaluate outcomes of comprehensive amblyopia treatment by a biofeedback method in children.

Materials and Methods: 96 children (144 eyes) with different degrees of amblyopia were monitored. All patients were randomized into 2 similar groups. The Group 1 received comprehensive treatment with a laser ophthalmotherapeutic device for retinal stimulation, a physiotherapeutic device for transcranial electrical stimulation and running magnetic field therapy, as well as a visual simulator for vision correction. In addition to the abovementioned devices, the Group 2 underwent a biofeedback method.

Results: at baseline the best corrected visual acuity (BCVA) was 0.48 ± 0.03 in the Group 1, but it increased to 0.62 ± 0.02 on the Day 10. As for the Group 2, baseline BCVA was 0.47 ± 0.02 . Similarly, it increased to 0.69 ± 0.04 ($p < 0.05$) upon the discharge. In 5 months, BCVA decreased

by 1.61% in the Group 1, while average BCVA increased by 5.8% in the Group 2. When assessing pre- and post-treatment BCVA values, depending on a type of amblyopia, the best results were reported in patients with refractive amblyopia in the Group 2. Thus, the baseline BCVA increased by 47.06% (from 0.51 ± 0.04 to 0.75 ± 0.03) on Day 10, while it barely decreased in 5 months. As for dysbinocular amblyopia, the Group 1 demonstrated better outcomes. In particular, BCVA increased from 0.43 ± 0.02 to 0.58 ± 0.03 during the 5-month follow-up, whereas significantly less pronounced improvement was reported in the Group 2. At baseline BCVA values were lower in patients with anisometropic amblyopia than in those with other amblyopia types in both Groups 1 and 2. It was revealed that mild and moderate amblyopia treatment is the most efficient because increased BCVA values were reported in both groups. Improvement was also reported in patients with severe amblyopia. After the treatment, BCVA increased 1.5 and 2.1 times in Groups 1 and 2, respectively. Moreover, it increased 1.88 and 3.29 times in Groups 1 and 2, respectively, in 5 months.

Conclusion: although comprehensive device treatment of amblyopia (regardless of type and severity) is efficient, a biofeedback method used as its part increases efficiency significantly. Besides, it leads to more stable BCVA values in 5 months after the treatment.

KEYWORDS: amblyopia, comprehensive treatment, biofeedback, refractive amblyopia, anisometropic amblyopia, dysbinocular amblyopia.

FOR CITATION: Voronina A.E., Petrosyan E.A. Biofeedback method to treat pediatric amblyopia: outcomes. *Russian Journal of Clinical Ophthalmology*. 2025;25(Special Issue):110–115 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-16

ВВЕДЕНИЕ

Амблиопия у детей — одна из актуальных проблем детской офтальмологии, которая является второй по встречаемости причиной снижения остроты зрения после миопии у детей дошкольного и школьного возраста, достигая 4%. Дети с амблиопией составляют 6% от всего числа детей с патологией зрительной системы [1, 2].

В России частота амблиопии составляет 2,0–2,5% в общей популяции. По данным литературы, от 1 до 10% детей страдают этой патологией, причем при косоглазии частота амблиопии повышается до 12–90%. Из всех видов амблиопии при гиперметропии рефракционная амблиопия отмечается в 49,73%, дисбинокулярная — в 29,19%, анизометропическая — в 21,08% случаев [3].

Основным клиническим проявлением амблиопии ранее считали снижение остроты зрения. Однако по мере изучения патогенеза и клиники этого заболевания был выявлен ряд других свойственных ему расстройств центрального и периферического зрения, свето- и цветоощущения, контрастной, электрической чувствительности и лабильности, а также аккомодационной способности [4, 5].

Данное состояние представляет собой постнатальное нарушение нейронального развития зрительной коры головного мозга, возникает вследствие аномального зрительного опыта в первые 7–10 лет жизни ребенка и приводит к хроническому дефициту корковых процессов даже после устранения амблиогенного фактора [6].

Лечение амблиопии часто включает в себя: окклюзию более сильного глаза, выполнение специальных упражнений для глаз, использование компьютерных программ и мобильных приложений, применение различных приборов для повышения остроты зрения в игровой форме. Такие комплексные подходы позволяют достигнуть лучших результатов, так как они активизируют разные аспекты зрительной функции [7].

Традиционные терапевтические подходы, такие как окклюзионная терапия и пенализация, были краеугольным камнем в лечении амблиопии на протяжении десятилетий. Однако эти методы не лишены недостатков, включая проблемы с соблюдением пациентами режима и переменчивые результаты лечения [8–14].

Каждый случай амблиопии уникален, и методы, которые подходят одному пациенту, могут не подходить другому. Например, адаптация лечения может потребоваться в зависимости от возраста пациента, степени амблиопии и наличия сопутствующих заболеваний. Разнообразие методик позволяет индивидуализировать подходы, что может повысить

эффективность лечения. Исследования [7, 13] показывают, что комбинированные методы лечения могут быть более эффективными. Например, по данным некоторых авторов [7, 13], применение окклюзии в сочетании с выполнением упражнений на различных тренажерах для глаз показало лучшие результаты по сравнению с использованием одного только метода. Поэтому в комбинации со стандартными методиками лечения амблиопии, применяемыми в Оренбургском филиале ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, нами было принято решение включить в план лечения пациентов с амблиопией комплекс, влияющий на восстановление биологической обратной связи (БОС).

Метод БОС применяется при всех случаях стабильного снижения остроты зрения у детей и взрослых. Курс лечения состоит из 15–20 получасовых сеансов.

Задача данного метода заключается в преодолении неврогенных механизмов зрительной патологии и нормализации биоэлектрической активности зрительной коры головного мозга [15–17].

Согласно исследованиям [7–10, 12, 13], проведенным в различных медицинских учреждениях, эффективность метода БОС доказана в ряде клинических испытаний, однако в литературе нами не были найдены данные о результатах его комплексного применения в сочетании с лазерной стимуляцией сетчатки, магнитной стимуляцией, а также аппаратом для рефлекторного расслабления аккомодации в одном курсе лечения. Прямых аналогов, широко применяемых для лечения амблиопии с применением технологии БОС, в России нет.

Цель исследования: оценить результаты комплексного лечения амблиопии с применением метода БОС у детей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Под наблюдением находилось 96 детей (144 глаза) с амблиопией разной степени. Средний возраст пациентов — 7,4 года (6–14 лет), у 42 (64 глаза) пациентов выявлена рефракционная амблиопия, у 18 (32 глаза) — дисбинокулярная, у 36 (48 глаз) — анизометропическая. Из 144 глаз 12 имели амблиопию высокой степени, 93 глаза — среднюю степень, а 39 глаз — слабую степень.

Пациентам исходно и после лечения проводилось стандартное офтальмологическое обследование: визометрия, биомикроскопия, определение циклоплегической рефракции и рефракции в стандартных условиях, определение характера зрения и биометрия.

Пациенты, имеющие сопутствующую органическую патологию головного мозга, нистагм, обскурационную амблиопию, были исключены из настоящего исследования.

Для лазерной стимуляции сетчатки применяли аппарат «Спекл М» (Россия). Мощность 5 мВт, длина волны 632,8 нм. Курс лечения состоял из 10 сеансов, по 1 сеансу в день.

Для магнитной стимуляции применяли аппарат «АМО-Атос» с приставкой «Амблио-1» (Россия). Индукция магнитного поля (МП) 33 мТл, частота изменения МП 50–10 Гц, сила света в приставке «Амблио-1» 0,5 мКд, цвета фотостимулов — красный, зеленый, синий.

Для рефлекторного расслабления цилиарной мышцы применяли аппарат «Визотроник ЗМ», лечение осуществлялось по методике № 2 (согласно инструкции к прибору). Курс лечения состоял из 10 сеансов, по 1 сеансу в день.

Для нормализации биоэлектрической активности зрительной коры головного мозга применяли комплекс «Амблиокор-01» (Россия), в режиме «активация» получали лечение пациенты с гиперметропией и гиперметропическим астигматизмом, а в режиме «релаксация» — пациенты, имеющие миопию, миопический или смешанный астигматизм. Курс лечения состоял из 15 сеансов, по 1 сеансу в день.

Все пациенты рандомно были разделены на 2 однородные группы. В 1-й группе пациенты получали комплексное лечение с применением аппаратов «Спекл М», «АМО-Атос», «Визотроник ЗМ», а во 2-й группе в дополнение к перечисленным аппаратам использовали «Амблиокор-01».

Аппаратное лечение выполняли монокулярно, повторную явку с последующим лечением назначали через 5 мес. после окончания. При выписке пациентам из обеих групп выписывали очки на максимальную коррекцию с рекомендациями постоянного ношения.

Материал обработан методами вариационной статистики с помощью программ Microsoft Excel 2010 и Statistica 10.0. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В таблице 1 приведены исходные параметры рефракции пациентов обеих групп.

Лечение в обеих группах привело к достоверному повышению остроты зрения у всех пациентов — как без коррекции, так и с коррекцией (табл. 2). Так, при поступлении некорригированная острота зрения (НКОЗ) в 1-й группе была $0,22 \pm 0,02$, уже на 10-е сутки увеличилась на 40,91%. Во 2-й группе НКОЗ при поступлении была $0,28 \pm 0,03$, на 10-е сутки увеличилась на 25%, однако разница статистически недостоверна.

При лечении пациентов с амблиопией большее значение имеет максимальная корригированная острота зрения (МКОЗ), которая у пациентов 1-й группы была при поступлении $0,48 \pm 0,03$, на 10-е сутки лечения увеличилась на 29,17%, а во 2-й группе МКОЗ также увеличилась и при выписке была на 46,81% больше ($p \leq 0,05$). Через 5 мес. МКОЗ в 1-й группе уменьшилась на 1,61%, во 2-й же группе средняя МКОЗ увеличилась на 5,8%.

При оценке МКОЗ до и после лечения в зависимости

Таблица 1. Рефракция у пациентов обеих групп

Table 1. Refraction in both groups

Рефракция Refraction	Количество глаз Number of eyes
Гиперметропическая рефракция Hypermetropic refraction	48
Гиперметропия: / hypermetropia: слабая степень / mild средняя степень / moderate высокая степень / severe	26 12 10
Гиперметропический астигматизм: Hypermetropic astigmatism: простой / simple сложный / compound	9 13
Миопическая рефракция / Myopic refraction	41
Миопия: / Myopia: слабая степень / low средняя степень / moderate высокая степень / severe	13 13 15
Миопический астигматизм: Myopic astigmatism: простой / simple сложный / compound	13 11
Смешанный астигматизм / Mixed astigmatism	9

Таблица 2. НКОЗ и МКОЗ у пациентов до и после лечения в обеих группах

Table 2. UCVA and BCVA in both groups before and after the treatment

Показатель Parameter	1-я группа Group 1	2-я группа Group 2
НКОЗ: / UCVA: исходно / baseline на 10-е сутки лечения / day 10 через 5 мес. после лечения / 5 months after the treatment	$0,22 \pm 0,02$ $0,31 \pm 0,03$ $0,28 \pm 0,02$	$0,28 \pm 0,03$ $0,35 \pm 0,04$ $0,31 \pm 0,03$
МКОЗ: / BCVA: исходно / baseline на 10-е сутки лечения / day 10 через 5 мес. после лечения / 5 months after the treatment	$0,48 \pm 0,03$ $0,62 \pm 0,02$ $0,61 \pm 0,04$	$0,47 \pm 0,02$ $0,69 \pm 0,05$ $0,73 \pm 0,03$

от вида амблиопии наилучшие результаты были получены во 2-й группе у пациентов с рефракционной амблиопией (табл. 3). Так, МКОЗ с $0,51 \pm 0,04$ до лечения увеличилась на 47,06% на 10-е сутки, при этом практически не снизилась через 5 мес. У пациентов же с дисбикулярной амблиопией лучшие результаты были именно в 1-й группе: МКОЗ с $0,43 \pm 0,02$ увеличилась к 5 мес. наблюдения на 34,88%, тогда как во 2-й группе положительная динамика составила всего 11,11%. МКОЗ у пациентов, имеющих анизометропическую амблиопию, в обеих группах была исходно меньше, чем при других типах амблиопии.

Таблица 3. МКОЗ у пациентов обеих групп до и после лечения в зависимости от типа амблиопии
Table 3. BCVA in both groups before and after the treatment depending on the type of amblyopia

Тип амблиопии Amblyopia type	1-я группа Group 1	2-я группа Group 2
Рефракционная: / Refractive: исходно / baseline на 10-е сутки лечения / day 10 через 5 мес. после лечения 5 months after the treatment	0,52±0,03 0,68±0,03 0,65±0,03	0,51±0,04 0,75±0,03 0,73±0,02
Дисбинокулярная: / Dysbinocular: исходно / baseline на 10-е сутки лечения / day 10 через 5 мес. после лечения 5 months after the treatment	0,43±0,02 0,51±0,02 0,58±0,03	0,45±0,02 0,49±0,03 0,50±0,04
Анизометропическая: / Anisometropic: исходно / baseline на 10-е сутки лечения / day 10 через 5 мес. после лечения 5 months after the treatment	0,29±0,03 0,38±0,02 0,42±0,02	0,27±0,02 0,41±0,04 0,44±0,03

Таблица 4. МКОЗ у пациентов обеих групп до и после лечения в зависимости от степени амблиопии
Table 4. BCVA in both groups before and after the treatment depending on amblyopia severity

Степень амблиопии Amblyopia degree	1-я группа Group 1	2-я группа Group 2
Слабая степень: / Mild: исходно / baseline на 10-е сутки лечения / day 10 через 5 мес. после лечения 5 months after the treatment	0,56±0,02 0,68±0,03 0,66±0,02	0,62±0,04 0,75±0,01 0,81±0,03
Средняя степень: / Moderate: исходно / baseline на 10-е сутки лечения / day 10 через 5 мес. после лечения 5 months after the treatment	0,23±0,04 0,28±0,02 0,28±0,04	0,27±0,03 0,32±0,02 0,35±0,02
Высокая степень: / Severe: исходно / baseline на 10-е сутки лечения / day 10 через 5 мес. после лечения 5 months after the treatment	0,08±0,03 0,12±0,04 0,15±0,01	0,07±0,02 0,15±0,03 0,23±0,02

При оценке результатов лечения амблиопии в обеих группах выявлено, что наибольший эффект отмечен у пациентов с амблиопией слабой и средней степени (табл. 4). Однако пациенты, имеющие высокую степень амблиопии, также имели положительную динамику: так, в 1-й группе МКОЗ сразу после лечения увеличилась в 1,5 раза, во 2-й группе — в 2,1 раза; через 5 мес. в 1-й группе — в 1,88 раза от исходной, а во 2-й — в 3,29 раза.

При амблиопии средней степени МКОЗ сразу после лечения в 1-й группе увеличилась в 1,22 раза и осталась прежней через 5 мес., а во 2-й группе — в 1,19 раза сразу после окончания лечения, а через 5 мес. выросла в 1,3 раза от исходной.

Слабая степень амблиопии исходно характеризовалась достаточно высокой МКОЗ. У пациентов 2-й группы к 5 мес. от начала лечения МКОЗ выросла в 1,31 раза по сравнению с исходной. В 1-й группе МКОЗ также выросла сразу после лечения в 1,21 раза, но через 5 мес. клинически значимо не поменялась.

Обсуждение

При проведении исследования нами была выявлена разница в результатах лечения пациентов с амблиопией в зависимости от ее степени и типа, при этом ключевое значение имело именно комплексное применение аппаратного лечения с применением метода БОС. Использование представленной нами комбинации для аппаратного лечения амблиопии показало высокую эффективность не только непосредственно после окончания лечения, но и, что немаловажно, стабильность полученных результатов на протяжении 5 мес.

Э.Р. Шакирова и соавт. [18] представили результаты комплексного лечения амблиопии с применением фотостимуляции одномоментно с лазерной стимуляцией сетчатки и метода БОС, которые показали наибольший эффект при лечении пациентов с амблиопией слабой степени, однако авторами не указана эффективность данного комплексного лечения в отдаленном периоде.

В.О. Баласанян и соавт. [19] также проводили оценку эффективности комбинированного лечения амблиопии с применением метода БОС в течение 12 мес. Авторы продемонстрировали, что комбинированная терапия имеет большую эффективность в сравнении с традиционными методиками, однако оценку эффективности с учетом исходной степени амблиопии авторы не проводили.

Н.П. Сердюк и соавт. [20] оценивали результаты комплексного плеоптического лечения у пациентов с амблиопией разного генеза и разных степеней, при этом в комплексное лечение не входили методики восстановления БОС. Авторы комбинировали другие методы и получили результаты в виде улучшения остроты зрения у пациентов со средней и слабой степенью амблиопии, а также уменьшения периода реабилитации пациентов с амблиопией.

Заключение

Согласно проведенному нами исследованию комплексное аппаратное лечение амблиопии всех типов и степеней эффективно, однако применение в комплексном лечении метода БОС значительно повышает эффективность, а также показывает более стабильные результаты через 5 мес. после лечения.

Несмотря на то, что аппарат с применением методики восстановления БОС является мощным инструментом, его использование может быть наиболее эффективным в сочетании с другими методами лечения, такими как оптическая коррекция, окклюзия и специальные зрительные тренировки на аппаратах с различными способами стимуляции.

Литература / References

- Чупров А.Д., Борщук Е.Л., Воронина А.Е. Некоторые аспекты лечения амблиопии у детей. *Российский офтальмологический журнал*. 2018;11(1):24–29. DOI: 10.21516/2072-0076-2018-11-1-24-29

- Chuprov A.D., Borshchuk E.L., Voronina A.E. Certain aspects of amblyopia treatment in children. *Russian Ophthalmological Journal*. 2018;11(1):24–29 (in Russ.). DOI: 10.21516/2072-0076-2018-11-1-24-29
2. Ефимова Е.Л. Результаты стимуляции коркового отдела зрительного анализатора у детей с амблиопией. *Офтальмологический журнал*. 2007;(2):59–61.
- Efimova E.L. The results of cortex stimulation of visual analyzer in children with amblyopia. *Oftal'mologicheskii zhurnal*. 2007;(2):59–61 (in Russ.).
3. Hashemi H., Pakzad R.M., Yekta A. et al. Global and regional estimates of prevalence of amblyopia: A systematic review and meta-analysis. *Strabismus*. 2018;26(4):168–183. DOI: 10.1080/09273972.2018.1500618
4. Тимошенко Т.А., Штилерман А.Л. Современные методы лечения амблиопии у детей. *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2013;(4):59–62.
- Timoshenko T.A., Shtilerman A.L. Advanced methods of amblyopia treatment in children. *Pacific Medical Journal*. 2013;(4):59–62 (in Russ.).
5. Демина А.В., Прокофьева Е.В. Особенности зрительного восприятия старших дошкольников с амблиопией и косоглазием. *Медраб-отник дошкольного образовательного учреждения*. 2019;(4):34–37.
- Demina A.V., Prokof'eva E.V. Features of visual perception of older preschool children with amblyopia and strabismus. *Medrabotnik doshkol'nogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya*. 2019;(4):34–37 (in Russ.).
6. Рычкова С.И., Лихванцева В.Г. Способ функционального лечения рефракционной амблиопии у детей с использованием альтернирующего предъявления стереостимулов. *Офтальмология*. 2020;17(3):429–434. DOI: 10.18008/1816-5095-2020-3-429-434
- Rychkova S.I., Likhvantseva V.G. Method of Functional Treatment of Refractive Amblyopia in Children Using Alternating Presentation of Stereo Stimules. *Ophthalmology in Russia*. 2020;17(3):429–434 (in Russ.). DOI: 10.18008/1816-5095-2020-3-429-434
7. Муравьева Г.В., Выдрина А.А. Комбинированное лечение тяжелой амблиопии, сочетанной с несодружественной эзотропией (клинический случай). *Современные технологии в офтальмологии*. 2021;2(37):136–138. DOI: 10.25276/2312-4911-2021-2-136-138
- Muraveva G.V., Vydrina A.A. Joint treatment of severe amblyopia combined with uncomfortable esotropia (case report). *Sovremennye tehnologii v oftal'mologii*. 2021;2(37):136–138 (in Russ.). DOI: 10.25276/2312-4911-2021-2-136-138
8. Должич А.В., Бубнова И.А., Асламазова А.Э. Современные методы лечения амблиопии. *Вестник офтальмологии*. 2018;134(4):74–79. DOI: 10.17116/oftalma201813404174
- Dolzich A.V., Bubnova I.A., Aslamazova A.E. Modern methods of treatment of amblyopia. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2018;134(4):74–79 (in Russ.). DOI: 10.17116/oftalma201813404174
9. Манкибаев Б.С. Современный подход в лечении амблиопии. *Наука, образование и культура*. 2019;5(39):76–77.
- Mankibaev B.S. Modern approach to the treatment of amblyopia. *Nauka, obrazovanie i kul'tura*. 2019;5(39):76–77 (in Russ.).
10. Кодзоева Л.А.М. Эффективность современных терапевтических подходов при лечении амблиопии у детей: анализ клинических исследований. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2024;6–4(93):107–111. DOI: 10.24412/2500-1000-2024-6-4-107-111
- Kodzoeva L.A.M. Effectiveness of modern therapeutic approaches in the treatment of amblyopia in children: analysis of clinical studies. *Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk*. 2024;6–4(93):107–111 (in Russ.). DOI: 10.24412/2500-1000-2024-6-4-107-111
11. Silvestri V., Turco S., Piscopo P. et al. Biofeedback stimulation in the visually impaired: a systematic review of literature. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2021;41(2):342–364. DOI: 10.1111/opo.12787
12. Тарутта Е.П., Стальмахова Р.Р., Милаш С.В., Апаев А.В. Отдаленные результаты лечения амблиопии у детей с нарушенным механизмом фиксации с помощью биологической обратной связи. *Российский офтальмологический журнал*. 2024;17(4):41–47. DOI: 10.21516/2072-0076-2024-17-4-41-47
- Tarutta E.P., Stalmakhova R.R., Milash S.V., Apaev A.V. Remote results of amblyopia treatment in children with impaired fixation mechanism using biofeedback. *Russian Ophthalmological Journal*. 2024;17(4):41–47. DOI: 10.21516/2072-0076-2024-17-4-41-47
13. Хаценко И.Е., Лебедева И.С. Способ определения показаний для лечения амблиопии с помощью нейропептидного препарата. Патент RU № 2647324 C1. Оpubл. 15.03.2018.
- Khatsenko I.E., Lebedeva I.S. A method for determining indications for the treatment of amblyopia using a neuropeptide drug. Patent RU № 2647324 C1. Published 15.03.2018 (in Russ.).
14. Кошелев Д.И., Гареев Е.М., Ивлева А.А., Юсупов Р.Г. Вариативность параметров зрительных вызванных потенциалов на паттерн у детей без нарушения зрения и вопросы доклинической диагностики. *Сенсорные системы*. 2020;34(3):179–187. DOI: 10.31857/S023500922003004X
- Koshelev D.I., Gareev E.M., Ivleva A.A., Yusupov R.G. Variability of the pattern VEP parameters in children without visual impairment and questions of preclinical diagnostics. *Sensory Systems*. 2020;34(3):179–187 (in Russ.). DOI: 10.31857/S023500922003004X
15. Гурьева М.М., Мягких А.И. Результаты лечения аномалий рефракции и амблиопии у детей на аппарате «Амблиокор». *Глаз*. 2012;(4):26–27.
- Gur'eva M.M., Myagkikh A.I. Results of treatment of refractive errors and amblyopia in children using the Amblyocor device. *The EYE*. 2012;(4):26–27 (in Russ.).
16. Гурьева М.М. Результаты лечения аномалий рефракции, амблиопии и косоглазия на аппарате «Амблиокор». *Глаз*. 2010;(3):40.
- Gur'eva M.M. Results of treatment of refractive errors, amblyopia and strabismus using the Amblyocor device. *The EYE*. 2010;(3):40 (in Russ.).
17. Авдеева А.А., Михайленок Е.Л., Мошетьова Л.К. Видеокомпьютерная коррекция зрения в лечении глазных болезней: методические рекомендации. М.: РМАПО; 2000.
- Avdeeva A.A., Mikhailenok E.L., Moshetova L.K. Video-computer vision correction in the treatment of eye diseases: guidelines. M.: RMAPO; 2000 (in Russ.).
18. Шакирова Э.Р., Гареев Е.М., Кошелев Д.И. и др. Латентность компонента N75 зрительных вызванных потенциалов на обрабатываемый паттерн при прогнозе и оценке эффективности лечения амблиопии. *Медицинский вестник Башкортостана*. 2021;16(4(94)):14–18.
- Shakirova E.R., Gareev E.M., Koshelev D.I. et al. Latency of the N75 component of pattern-reversal visual evoked potentials in the prognosis and assessment of the effectiveness of amblyopia treatment. *Meditsinskiy vestnik Bashkortostana*. 2021;16(4(94)):14–18 (in Russ.).
19. Баласанян В.О., Азнаурян И.Э., Шпак А.А. и др. Бинокулярный оптометрический комплекс и амблиопия. От точной диагностики до эффективного лечения. *Современные технологии в офтальмологии*. 2020;4(35):239–240. DOI: 10.25276/2312-4911-2020-4-239-240
- Balasanyan V.O., Aznauryan I.E., Shpak A.A. et al. Binocular optometric complex and amblyopia. From accurate diagnosis to effective treatment. *Sovremennye tehnologii v oftal'mologii*. 2020;4(35):239–240 (in Russ.). DOI: 10.25276/2312-4911-2020-4-239-240
20. Сердюк Н.П., Чермак С.Б. Результаты комплексного плеоптического лечения различных форм амблиопии. *Здоровье, демография, экология финно-угорских народов*. 2023;(1):26–28.
- Serdyuk N.P., Chermak S.B. Results of complex pleoptic treatment of various forms of amblyopia. *Zdorov'e, demografiya, ekologiya finno-ugorskikh narodov*. 2023;(1):26–28 (in Russ.).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Воронина Александра Евгеньевна — к.м.н., заведующая научно-образовательным отделом Оренбургского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 460047, Россия, г. Оренбург, ул. Салмышская, д. 17; доцент кафедры общественного здоровья и здравоохранения ФГБОУ ВО ОрГМУ Минздрава России; 460014, Россия, г. Оренбург, ул. Советская, д. 6; ORCID iD 0000-0002-0222-6033

Петросян Эмилия Аветиковна — научный сотрудник научно-образовательного отдела Оренбургского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 460047, Россия, г. Оренбург, ул. Салмышская, д. 17; ORCID iD 0000-0001-5526-436X

Контактная информация: Воронина Александра Евгеньевна, e-mail: nauka@ofmntk.ru

Источники финансирования: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 05.12.2024.

Поступила после рецензирования 25.12.2024.

Принята в печать 22.01.2025.

ABOUT THE AUTHORS:

Alexandra E. Voronina — C. Sc. (Med.), Head of the Scientific and Educational Department, Orenburg Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 17, Salmyskaya str., Orenburg, 460047, Russian Federation; Assistant Professor of the Department of Public Health and Healthcare, Orenburg State Medical University; 6, Sovetskaya str., Orenburg, 460014, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-0222-6033

Emiliya A. Petrosyan — Scientific Officer, Scientific and Educational Department, Orenburg Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 17, Salmyskaya str., Orenburg, 460047, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-5526-436X

Contact information: Alexandra E. Voronina, e-mail: nauka@ofmntk.ru

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

There is no conflict of interest.

Received 05.12.2024.

Revised 25.12.2024.

Accepted 22.01.2025.

DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-17

Интраокулярные хирургические вмешательства у детей, перенесших лечение по поводу ретинобластомы: отдаленные результаты

А.А. Яровой, Д.П. Володин, А.С. Алексеев, В.А. Яровая, И.Г. Осокин, И.М. Горшков

ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Москва, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: оценить отдаленные клиничко-функциональные результаты, а также локальную и системную безопасность интраокулярных хирургических вмешательств (ИОХВ) у детей, прошедших лечение по поводу ретинобластомы (РБ).

Материал и методы: за период с 2012 по 2023 г. ИОХВ выполнено у 34 детей (35 глаз) с предлеченной РБ. Возраст пациентов составил 68 (28–180) мес. ИОХВ проводилось в сроки 20 (61–40) мес. после окончания органосохраняющего лечения. На момент проведения ИОХВ во всех случаях признаки прогрессии опухоли не наблюдались. Максимально корригируемая острота зрения (МКОЗ) до ИОХВ варьировалась в диапазоне от светоощущения до 0,2 (Ме 0,01). Хирургическое вмешательство по поводу катаракты было выполнено у 33 пациентов (34 глаза) методом факоаспирации (n=31) или левсвитрэктоми (n=3). Витреоретинальное вмешательство с одномоментной и постоянной ирригацией мелфалана выполнено у 12 пациентов (12 глаз). Показаниями к его выполнению были субтотальный/тотальный гемофтальм (n=10), а также субтотальная отслойка сетчатки с тракционным компонентом (n=2). У 11 детей проводилось сочетанное ИОХВ.

Результаты исследования: в раннем послеоперационном периоде после ИОХВ во всех случаях была восстановлена прозрачность оптических сред и обеспечен контроль за опухолью без развития осложнений. Сроки наблюдения после ИОХВ составили 57 (6–120) мес. В отдаленном периоде у 34% пациентов (n=12) возникла вторичная катаракта в сроки от 32 (6–104) мес. после ИОХВ. После изолированного удаления катаракты осложнений не наблюдалось, в то время как после сочетанного ИОХВ в отдаленном периоде в 5 случаях развилась субатрофия глазного яблока. МКОЗ после ИОХВ составила 0,1 (0,005–0,5), отмечалось ее статистически значимое улучшение по сравнению с МКОЗ до ИОХВ (p=0,0001). В целом после ИОХВ в результате органосохраняющего лечения РБ удалось сохранить 92% глаз (n=32). Трех- и пятилетняя безрецидивная выживаемость составила 97%. Статистически значимыми предикторами неудачи ИОХВ были возраст на момент его проведения более 30 мес. (p=0,0012) и проведение витреоретинальной хирургии (p=0,0002).

Заключение: ИОХВ показало себя высокоэффективным и безопасным способом восстановления контроля за состоянием глазного дна и опухоли у детей с внутриглазными осложнениями органосохраняющего лечения РБ с высоким уровнем безрецидивной выживаемости.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ретинобластома, интраокулярная хирургия, хирургия катаракты, витреоретинальная хирургия, органосохраняющее лечение.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Яровой А.А., Володин Д.П., Алексеев А.С., Яровая В.А., Осокин И.Г., Горшков И.М. Интраокулярные хирургические вмешательства у детей, перенесших лечение по поводу ретинобластомы: отдаленные результаты. Клиническая офтальмология. 2025;25(спецвыпуск):116–122. DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-17

Intraocular surgery in children with pretreated retinoblastoma: long-term results

A.A. Yarovoy, D.P. Volodin, A.S. Alekseev, V.A. Yarovaya, I.G. Osokin, I.M. Gorshkov

S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Aim: to evaluate long-term clinical and functional results, as well as local and systemic safety of intraocular surgery (IOS) in children with pretreated retinoblastoma (RB).

Materials and Methods: from 2012 to 2023, the IOS was performed in 34 patients (35 eyes) with pretreated RB. The mean patients' age was 68 (28–180) months. The IOS was performed in 20 (6–140) months after the end of organ-preserving treatment. There were no cases of the tumor progression at the time of the IOS. Best corrected visual acuity (BCVA) varied from light perception to 0.2 (median — 0.01) before the IOS. Cataract surgery (CS) was performed in 33 patients (34 eyes) using phacoaspiration (n=31) or lensvitrectomy (n=3) technique. Vitreoretinal surgery (VRS) under simultaneous continuous melphalan irrigation was conducted in 12 patients (12 eyes). Subtotal/total hemophthalmia (n=10) and subtotal retinal detachment associated with tractions (n=2) were the indications for VRS. In 11 patients, VRS was combined with CS.

Results: in the early post-operative period, transparency of optical media and tumor control were restored in all patients without complications. The follow-up period after IOS was 57 (6–120) months. In the long-term follow-up 32 (6–104) months, secondary cataract was reported in 34% of patients (n=12). There were no complications after isolated CS, while phthisis bulbi was reported in 5 eyes in the long-term follow-up after combined IOS. After the IOS, BCVA was 0.1 (0.005–0.5), and it significantly increased in comparison with pre-operative BCVA ($p=0.0001$). Overall, organ-preserving treatment and IOS preserved 92% of the eyes (n=32). Three- and 5-years' disease-free survival was 97%. Age at the time of IOS (>30 months) ($p=0.0012$) and VRS ($p=0.0002$) were significant predictors of the IOS failure.

Conclusion: the IOS proved to be a highly effective and safety method to restore fundus and tumor control in children with intraocular complications of organ-preserving RB treatment with high disease-free survival.

KEYWORDS: retinoblastoma, intraocular surgery, cataract surgery, vitreoretinal surgery, organ-preserving treatment.

FOR CITATION: Yarovoy A.A., Volodin D.P., Alekseev A.S., Yarovaya V.A., Osokin I.G., Gorshkov I.M. Intraocular surgery in children with pretreated retinoblastoma: long-term results. *Russian Journal of Clinical Ophthalmology*. 2025;25(Special Issue):116–122 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-17

ВВЕДЕНИЕ

Локальные офтальмологические методы лечения ретинобластомы (РБ), а также методы лучевой терапии и локальной химиотерапии, несмотря на высокую эффективность, сопряжены с риском развития внутриглазных осложнений различной степени выраженности. Наиболее частыми внутриглазными осложнениями локального лечения РБ являются непролиферативная ретинопатия и/или нейропатия, а также кровоизлияния в стекловидное тело различной степени выраженности [1–3]. Данные осложнения при нарастании их тяжести могут приводить к отслойке сетчатки, вплоть до тотальной, и к субтотальному/тотальному гемофтальму, что не только резко ухудшает зрительные функции, но и делает невозможным контроль за состоянием опухоли и глазного дна в динамике. Согласно отечественным клиническим рекомендациям гемофтальм и вовсе служит показанием к энуклеации глаза у пациентов с РБ, так как может быть обусловлен не только осложнениями лечения, но и прогрессией опухоли¹ [4]. Катаракта в настоящее время встречается несколько реже ввиду отказа от использования дистанционной лучевой терапии (ДЛТ) для лечения интраокулярной РБ.

Наличие клинически значимого помутнения оптических сред может существенно затруднять осмотр глазного дна, не позволяя адекватно оценивать состояние опухоли в динамике, а также нарушает процесс формирования зрительных функций у детей раннего возраста, что особенно нежелательно в случае единственного глаза у ребенка [4]. Все вышесказанное обуславливает необходимость купирования осложнений в наиболее ранние сроки. Вместе с тем любые интраокулярные вмешательства при РБ сопряжены с высоким риском экстраокулярного распространения опухоли, что требует тщательной оценки ее состояния в динамике и уверенности в стабильности ремиссии [5], что не всегда возможно оценить при непрозрачных оптических средах. В целом количество опубликованных исследований по вопросу интраокулярного хирургического вмешательства (ИОХВ) при РБ в зарубежной литературе небольшое [6–12], а в отечественной литературе и вовсе имеются лишь единичные работы [13, 14].

Цель исследования: оценить отдаленные клинико-функциональные результаты, а также локальную и системную безопасность ИОХВ у детей, перенесших лечение по поводу РБ.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

За период с 2012 по 2023 г. в ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России ИОХВ при РБ выполнено у 34 детей (35 глаз). Средний возраст пациентов на момент лечения составил 68 (28–180) мес.

Биокулярная форма РБ наблюдалась у 25 (74%) пациентов, монокулярная — у 9 (26%). В 15 (44%) случаях ИОХВ проводилось на единственном глазу. Стадирование заболевания согласно международной классификации РБ и классификации TNM было следующим: группа А (T1a) — 1 (2,9%) глаз, группа В (T1b) — 3 (8,5%), группа С (T2a) — 6 (17%), группа D (T2b) — 23 (66%), группа Е (T2c) — 2 (5,8%).

На первом этапе лечения все пациенты получали химиотерапию (ХТ): в объеме системной и локальной ХТ (n=22, 65%), только системной ХТ (n=7, 20%) или локальной ХТ (n=5, 15%). У 18 (53%) пациентов использовались локальные офтальмологические методы: лазерная транспупиллярная термотерапия (n=12), криодеструкция (n=8), брахитерапия (БТ) (n=13), как отдельно, так и в сочетании.

При невозможности проведения либо неэффективности ХТ или локальных методов лечения как альтернатива энуклеации у 8 пациентов проведена стереотаксическая радиохирургия (СРХ), у 11 — ДЛТ.

Интраокулярное хирургическое вмешательство проводилось в сроки 20 (6–140) мес. после окончания органосохраняющего лечения.

На момент проведения ИОХВ во всех случаях признаки прогрессии опухоли не наблюдались, что подтверждалось при помощи ультразвукового исследования в режиме В-сканирования и ультразвуковой биомикроскопии с оценкой состояния очагов в динамике и магнитно-резонансной томографии глазниц с контрастированием.

Максимально корригируемая острота зрения (МКОЗ) до операции варьировалась в диапазоне от светоощущения до 0,2 (Ме 0,01).

Хирургическое вмешательство по поводу катаракты было выполнено у 33 пациентов (34 глаза). У 28 пациентов (29 глаз) наблюдалась заднекапсулярная катаракта, у 3 — полная, в 2 случаях была выполнена факоаспирация прозрачного хрусталика в ходе витреоретинального вмешательства. Во всех случаях наличие катаракты затрудняло оценку состояния опухоли в динамике.

Хирургическое вмешательство во всех случаях выполнялось в условиях общей анестезии. В большинстве

¹ Интраокулярная ретинобластома. Клинические рекомендации Министерства здравоохранения Российской Федерации. 2020. (Электронный ресурс.) URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/71_1 (дата обращения: 04.02.2024).

случаев ($n=31$) удаление мутного хрусталика осуществляли методом факоаспирации по стандартной методике. Трем пациентам удаление хрусталика выполняли по технологии ленсвитрэктомии. Расчет ИОЛ и технология хирургического лечения подробно описаны в опубликованном ранее исследовании [14]. Длина переднезадней оси (ПЗО) на момент ИОХВ составила 20,2 (19,90–24,30) мм. Оптическая сила имплантируемых ИОЛ составила 27 (21–38) D.

Витреоретинальное хирургическое вмешательство выполнено у 12 пациентов (12 глаз). Показаниями к его выполнению были субтотальный/тотальный гемофтальм, не поддающийся купированию на фоне консервативного лечения ($n=10$), а также субтотальная отслойка сетчатки ($n=2$). У 11 пациентов проведение витреоретинального вмешательства одномоментно или отсроченно сопровождалось хирургическим удалением хрусталика. В 1 случае через 15 мес. после хирургического вмешательства была проведена селективная интраартериальная ХТ (СИАХТ) с сохранением глаза.

С целью профилактики рецидива и экстраокулярной диссеминации опухоли витреоретинальное вмешательство по поводу гемофтальма у всех пациентов выполнялось с одномоментной и постоянной ирригацией мелфалана по описанной ранее технологии [13]. При выявлении тракционной отслойки сетчатки не стремились к полному прилеганию сетчатки, а ограничивались выполнением швартэктомии в области крупных шварт с целью ослабления натяжения сетчатки. Тампонада витреальной полости выполнялась с использованием силиконового масла либо газо-воздушной смеси.

После извлечения портов накладывали узловые эписклеральные швы с последующим двукратным промораживанием мест вкола в течение 60 с. Материал, полученный при витрэктомии, обязательно подвергали гистологическому исследованию на наличие живых опухолевых клеток.

После ИОХВ всем детям проводился осмотр глазного дна в условиях медикаментозного сна на ретинальной педиатрической широкоугольной камере RetCam 3 через 7 дней после вмешательства, далее — регулярно с интервалами в 2–3 мес.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием компьютерных программ MedCalc 19.5.3. и Microsoft Office Excel 2019 и включала методы описательной статистики, анализ выживаемости методом Каплана — Мейера и ROC-анализ, которые использовались для определения предикторов неудачи ИОХВ. Для сравнения количественных признаков в зависимых выборках с учетом отсутствия нормального распределения использовался непараметрический критерий Уилкоксона. Количественные показатели представлены в виде медианы, минимального и максимального значения — Me (min–max), качественные — в виде абсолютных и относительных (%) значений.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Медиана срока наблюдения после ИОХВ составила 57 (61–20) мес. В раннем послеоперационном периоде после ИОХВ удалось восстановить прозрачность оптических сред во всех случаях, осложнений не наблюдалось ни у одного пациента.

В отдаленном периоде у 12 (34%) пациентов возникла вторичная катаракта в сроки 32 (6–104) мес. после хирургического вмешательства: у 8 из них была выполнена YAG-лазерная дисцизия вторичной катаракты, у 7 — микроинвазивная капсулэктомия. У 1 пациента спустя 6,5 года после хирургического вмешательства развилось помутнение оптической части ИОЛ из гидрофильного акрила, в связи с чем была проведена замена ИОЛ с имплантацией в капсульный мешок линзы из гидрофобного акрила.

После хирургического лечения катаракты без витреоретинального вмешательства осложнений не наблюдалось ни в одном случае, в то время как после сочетанного ИОХВ в отдаленном периоде в 5 случаях развилась субатрофия глазного яблока, из них в 3 случаях была выполнена энуклеация ввиду сочетания субатрофии с длительно существующей тотальной отслойкой сетчатки и рецидивирующей гифемы. МКОЗ после ИОХВ составила 0,1 (0,005–0,5), отмечалось ее статистически значимое улучшение по сравнению с дооперационным значением ($p=0,0001$).

В целом в результате проведения ИОХВ после органосохраняющего лечения РБ удалось сохранить 92% глаз ($n=32$). В 1 случае через 15 мес. после хирургического вмешательства у пациента была выявлена прогрессия основного опухолевого очага, в связи с чем пациенту было выполнено 3 курса СИАХТ с сохранением глаза. Экстраокулярного распространения и отдаленных метастазов не выявлено ни у одного пациента. Один пациент умер из-за развития вторичной радиоиндуцированной опухоли после ДЛТ — эстезионейробластомы, при этом на единственном глазу, на котором проводилось хирургическое вмешательство, на момент последнего осмотра отмечалась клинически полная регрессия опухоли и прозрачные оптические среды. Трех- и пятилетний уровень сохранности глаз составил 94 и 90% соответственно. Трех- и пятилетняя безрецидивная выживаемость составила 97%.

Были проанализированы различные факторы как возможные предикторы неудачи ИОХВ. За неудачу мы принимали прогрессию опухоли, энуклеацию глаза и развитие субатрофии со вторичными изменениями. Было продемонстрировано, что вид предшествующей ХТ ($p=0,3$), количество применяемых локальных методов ($p=0,75$), проведение БТ до ИОХВ ($p=0,39$), стадия опухоли ($p=0,44$), длина ПЗО на момент хирургического вмешательства ($p=0,8$), количество курсов СИАХТ до ИОХВ ($p=0,97$), ДЛТ и СРХ перед локальным лечением ($p=0,3$), а также срок от момента завершения лечения до ИОХВ ($p=0,13$) статистически значимо не оказывали влияния на исход ИОХВ. При оценке влияния пола была отмечена тенденция к статистической значимости влияния данного фактора с более частой неудачей лечения у пациентов женского пола. Статистически значимыми предикторами неудачи ИОХВ были возраст на момент ее проведения более 30 мес. ($p=0,0012$) и проведение сочетанного катарактального и витреоретинального вмешательства ($p=0,0002$) (см. рисунок).

ОБСУЖДЕНИЕ

Среди осложнений локального лечения РБ катаракта, гемофтальм и отслойка сетчатки относятся к внутриглазным осложнениям, которые могут потребовать хирурги-

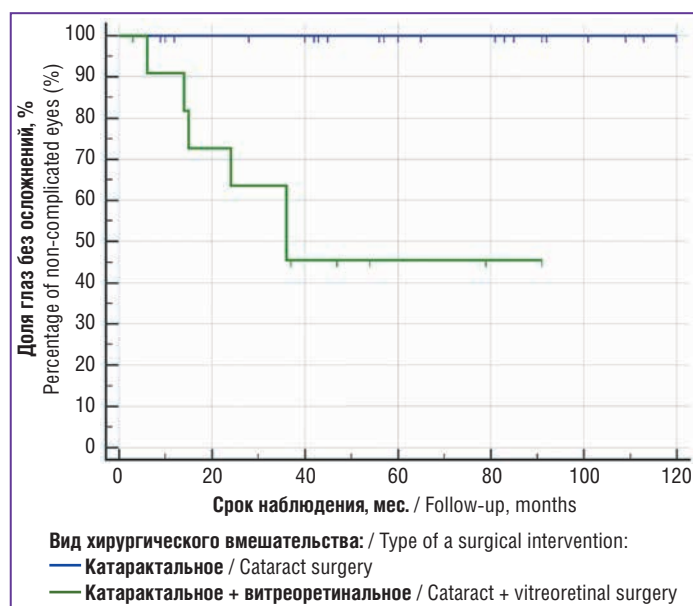


Рисунок. Связь вида ИОХВ с локальным исходом лечения

Figure. Relationship between type of surgery and local treatment outcome

ческого лечения [7, 15, 16]. Основной причиной развития катаракты у детей, пролеченных по поводу РБ, является лучевая терапия (ДЛТ и БТ). Частота формирования катаракты после проведения ДЛТ составляет от 75 до 100%, после БТ — до 31% [17, 18]. Кроме того, мелфалан — химиопрепарат, применяемый при СИАХТ и ИВХТ, также обладает катарактогенным эффектом и приводит к развитию катаракты в 5–9% случаев [19, 20].

Вопрос безопасности ИОХВ и лечения катаракты, в частности, весьма актуален, так как в зарубежной литературе имеется крайне мало публикаций, посвященных данной проблеме, а в отечественной литературе и вовсе представлено единичное исследование, опубликованное нами ранее [5–10, 14, 21].

Хирургическое вмешательство по поводу катаракты позволяет добиться прозрачности оптических сред и восстановить контроль за состоянием опухоли во всех случаях с отсутствием осложнений интраоперационно и в раннем послеоперационном периоде (как по собственным результатам, так и по данным других авторов) [8, 9, 14, 21].

По данным ряда авторов, частота рецидивов после лечения катаракты составляет от 3 до 7% при сроке наблюдения от 17 до 90 мес. [5, 9, 21]. В опубликованном ранее исследовании нам удалось добиться прозрачности оптических сред без случаев рецидива, с сохранением глаз в 100% случаев у 21 пациента (22 глаза) при среднем сроке наблюдения 29 мес. [14]. На сегодняшний день наш опыт хирургического лечения катаракты представлен 33 пациентами (34 глаза), у всех удалось добиться прозрачности оптических сред с сохранением глаз в 94% случаев, без признаков диссеминации и рецидива опухоли у всех пациентов в отдаленные сроки наблюдения (57 (6–120) мес.). У пациентов, у которых была проведена энуклеация, проводилось сочетанное катарактальное и витреоретинальное вмешательство, а глаза были энуклеированы из-за субатрофии глаза. Важным аспектом хирургического лечения катаракты у детей с РБ, с нашей точки зрения, яв-

ляется сохранение целостности задней капсулы хрусталика, так как она служит естественным барьером для потенциального проникновения опухолевых масс в передний отдел глазного яблока [7].

Закономерным образом после хирургического лечения катаракты без проведения заднего капсулорексиса мы наблюдали развитие вторичной катаракты в 34% случаев в сроки от 32 (6–104) мес., в связи с чем пациентам выполнялась дисцизия задней капсулы. С нашей точки зрения, предпочтение следует отдавать YAG-лазерному рассечению задней капсулы ввиду меньшей инвазивности данной технологии, однако при выраженном фиброзе капсульного мешка возможно выполнение хирургической дисцизии задней капсулы и передней витрэктомии. По собственным наблюдениям, выполнение дисцизии задней капсулы во всех случаях не сопровождалось развитием осложнений и рецидивом опухоли. В одном случае после выполнения лазерной, а впоследствии хирургической дисцизии задней капсулы у ребенка развилось помутнение оптической части ИОЛ из гидрофильного акрила по типу «глистенинга». У данного пациента успешно была выполнена замена ИОЛ с имплантацией в капсульный мешок линзы из гидрофобного акрила. Подобный опыт удаления ИОЛ с ее последующей успешной заменой у пациента с РБ впервые представляется в научной литературе.

Витреоретинальное хирургическое вмешательство при РБ представляется особенно проблемным и дискуссионным, так как в рамках ИОХВ витреоретинальное вмешательство наиболее часто сопряжено с риском диссеминации РБ [22]. По мнению некоторых авторов, витреоретинальное вмешательство опасно тем, что движение ирригационной жидкости в ходе витрэктомии при наличии активной опухоли может способствовать заносу опухолевых клеток в трудно визуализируемые отделы глаза — такие, как отростки цилиарного тела и задняя поверхность радужки [23]. Опубликованные ранее работы свидетельствуют о том, что в результате вторичной энуклеации после витреоретинальной хирургии требуется профилактическое лечение в связи с чрезвычайно плохим жизненным прогнозом при метастатической РБ [24].

Вместе с этим, наряду с существующими рисками диссеминации опухоли в случае ИОХВ при РБ, в зарубежной литературе представлены исследования с положительными результатами витрэктомии у пациентов с леченной РБ. Первый успешный случай хирургического лечения гемофтальма с одномоментной ирригацией мелфалана у ребенка с единственным глазом и РБ описан нами в 2015 г. [25]. Впоследствии J. Zhao et al. [11] опубликовали исследование о выполнении витрэктомии с ирригацией мелфалана при лечении единственного глаза с РБ у 21 ребенка в качестве альтернативы энуклеации. Авторам удалось сохранить 86% глаз со средними сроками наблюдения 39 мес., однако в 14% случаев обнаружен рецидив опухоли, была выполнена энуклеация глазного яблока. В отечественной литературе имеется одно подробное исследование, опубликованное нами ранее, в котором витрэктомия с одновременной ирригацией мелфалана при гемофтальме была выполнена у 5 пациентов с РБ. При этом все пролеченные глаза удалось сохранить, ни в одном случае не было выявлено признаков рецидива или диссеминации опухоли (средний срок наблюдения 34 мес.) [13].

Вопросу хирургии отслойки сетчатки после лечения РБ уделено еще меньше внимания в научной литературе. C.L. Shields et al. [26] описывают хирургическое лечение отслойки сетчатки у 10 пациентов после СИАХТ, возникшей в сроки от 1 до 12 мес. Лечение отслойки сетчатки выполняли методом витректомии на 3 глазах, эписклерального пломбирования — у 1 пациента, лазерной коагуляции — также у 1 пациента, остальные 5 пациентов были оставлены под наблюдением (с полным прилеганием у 2 пациентов и частичным — также у 2 пациентов). Энуклеация была выполнена у 4 из 10 пациентов из-за рецидива опухоли, у 1 ребенка — из-за неоваскулярной глаукомы.

P. Rating et al. [12] представили свой опыт ИОХВ у 40 пациентов (42 глаза), пролеченных по поводу РБ. Из них у 17 пациентов выполнено витреоретинальное хирургическое вмешательство: у 11 детей — по поводу гемофтальма, у 6 — по поводу отслойки сетчатки. В результате лечения у 3 пациентов развилась субатрофия глаза, у 2 — рецидив опухоли, в связи с чем глаза были энуклеированы. Один пациент умер от развития второй опухоли. Метастазов и экстраокулярного распространения опухоли не было выявлено ни у одного пациента со средним сроком наблюдения 114 мес.

На сегодняшний день наш опыт проведения витреоретинального хирургического вмешательства у детей, перенесших лечение по поводу РБ, представлен 12 пациентами (12 глазами). Показаниями к его выполнению были тотальный гемофтальм, не поддающийся купированию медикаментозным лечением (83%, 10 глаз), и отслойка сетчатки с наличием тракционного компонента (17%, 2 глаза). Витреоретинальное вмешательство проводилось в сроки 14 (6–71) мес. Всем пациентам с гемофтальмом в данном исследовании в качестве первой линии проводили инфузионную терапию по ранее описанной методике без положительной динамики с нарастанием интенсивности кровоизлияния, в связи с чем в качестве спасательной терапии как альтернатива энуклеации было принято решение о проведении витректомии с одномоментной ирригацией мелфалана [27].

В результате витреоретинального хирургического вмешательства нам удалось сохранить 75% глаз, 3 (25%) глаза были удалены из-за развития субатрофии со вторичными изменениями (рецидивирующая гипемиа и кровоизлияния в витреальную полость у 2 пациентов и субтотальная фиброзно-измененная отслойка сетчатки у 1 пациента). У 2 пациентов отмечено уменьшение длины глаза с формированием субатрофии, однако эти глаза были сохранены, а пациенты находятся под динамическим наблюдением без отрицательной динамики в настоящий момент. Считаю важным отметить, что все эти глаза были исходно предлечены с применением многократной СИАХТ, БТ и/или СРХ, которые обладают собственной токсичностью в отношении сосудов и тканей глаза и могут приводить к вышеуказанным изменениям, а геморрагические осложнения могут повторно развиваться и после ИОХВ.

Более частое развитие осложнений после сочетанного вмешательства в сравнении с только катарактальным вмешательством объясняется тем, что сочетанное вмешательство проводилось в более тяжелых ситуациях — как единственная возможность спасти глаз. Более высокий процент осложнений у пациентов более старшего возраста (старше 30 мес.) требует дальнейших исследований с целью более точной интерпретации данного фактора.

Максимально скорректированная острота зрения после ИОХВ, по нашим данным, составила 0,1 (0,005–0,5), а хирургическое вмешательство позволило статистически значимо повысить МКОЗ после интраокулярной хирургии ($p=0,0001$). Безусловно, функциональный результат у таких детей зависит не столько от технологии выполнения хирургического вмешательства, сколько от исходной стадии опухолевого процесса, его локализации и объема проведенного системного и/или локального лечения.

Трех- и пятилетняя безрецидивная выживаемость пациентов в данном исследовании после ИОХВ составила 97%, что соответствует уровню выживаемости у пациентов с РБ после локального лечения в целом [1].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, ИОХВ показало себя эффективным и безопасным способом восстановления прозрачности оптических сред и контроля за состоянием глазного дна и опухоли у детей с внутриглазными осложнениями органосохраняющего лечения РБ. Сочетанное витреоретинальное и катарактальное вмешательство сопряжено с большим риском развития осложнений по сравнению с катарактальным, так как проводится у более тяжелого контингента пациентов. Несмотря на это, современный уровень развития как органосохраняющего лечения, так и методик интраокулярной хирургии позволил добиться уровня безрецидивной выживаемости, сопоставимого с уровнем выживаемости у пациентов с РБ после локального лечения в целом. Функциональные результаты после ИОХВ, безусловно, зависят не только от технологии хирургического лечения, но и от исходной стадии, локализации опухоли, вида и объема проведенного системного и/или локального лечения.

Литература / References

1. Яровой А.А., Володин Д.П., Яровая В.А., Чочаева А.М. Эффективность локального лечения на разных стадиях ретинобластомы. *РЖДГуО*. 2024;11(1):19–26. DOI: 10.21682/2311-1267-2024-11-1-19-26
2. Yarovoy A.A., Volodin D.P., Yarovaya V.A., Chochayeva A.M. Local treatment efficacy in different stages of retinoblastoma. *Russian Journal of Pediatric Hematology and Oncology*. 2024;11(1):19–26 (in Russ.). DOI: 10.21682/2311-1267-2024-11-1-19-26
3. Чочаева А.М., Володин Д.П., Котова Е.С., Яровой А.А. Осложнения локального лечения ретинобластомы и их лечение (обзор литературы). *Российский журнал детской гематологии и онкологии*. 2022;9(3):65–74. DOI: 10.21682/2311-1267-2022-9-3-65-74
4. Chochayeva A.M., Volodin D.P., Kotova E.S., Yarovoy A.A. Complications of local treatment of retinoblastoma and their treatment (literature review). *Russian Journal of Pediatric Hematology and Oncology*. 2022;9(3):65–74 (in Russ.). DOI: 10.21682/2311-1267-2022-9-3-65-74
5. Schueler A.O., Flühs D., Anastassiou G. et al. β -Ray brachytherapy with ^{106}Ru plaques for retinoblastoma. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2006;15;65(4):1212–1221. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2006.02.002
6. Medsinghe A., Nischal K.K. Pediatric cataract: challenges and future directions. *Clin Ophthalmol*. 2015;7:77–90. DOI: 10.2147/OPTH.S9009
7. Honavar S.G., Shields C.L., Shields J.A. et al. Intraocular surgery after treatment of retinoblastoma. *Arch Ophthalmol*. 2001;119(11):1613–1621. DOI: 10.1001/archophth.119.11.1613
8. Bhattacharjee H., Bhattacharjee K., Chakraborty D. et al. Cataract surgery and intraocular lens implantation in a retinoblastoma case treated by external-beam radiation therapy. *J Cataract Refract Surg*. 2003;29(9):1837–1841. DOI: 10.1016/S0886-3350(03)00119-6
9. Sinha R., Titiyal J.S., Sharma N., Vajpayee R.B. Management of radiotherapy-induced cataracts in eyes with retinoblastoma. *J Cataract Refract Surg*. 2004;30(5):1145–1146. DOI: 10.1016/j.jcrs.2004.03.020

8. Kim H.M., Lee B.J., Kim J.H., Yu Y.S. Outcomes of cataract surgery following treatment for retinoblastoma. *Korean J Ophthalmol.* 2017;31(1):52. DOI: 10.3341%2Fkjo.2017.31.1.52
9. Brooks H.L., Meyer D., Shields J.A. et al. Removal of radiation-induced cataracts in patients treated for retinoblastoma. *Arch Ophthalmol.* 1990;108(12):1701–1708. DOI: 10.1001/archophth.1990.01070140055028
10. Moshfeghi D.M., Wilson M.W., Grizzard S., Haik B.G. Intraocular surgery after treatment of germline retinoblastoma. *Arch Ophthalmol.* 2005;123(7):1008–1012. DOI: 10.1001/archophth.123.7.1008
11. Zhao J., Li Q., Wu S. et al. Pars plana vitrectomy and endoresection of refractory intraocular retinoblastoma. *Ophthalmology.* 2018;125(2):320–322. DOI: 10.1016/j.ophtha.2017.10.015
12. Bornfeld N., Schlüter S., Westekemper H. et al. Long-Term Results after Intraocular Surgery in Treated Retinoblastoma Eyes. *Ocul Oncol Pathol.* 2022;8(3):161–167. DOI: 10.1159/000524610
13. Яровой А.А., Горшков И.М., Ушакова Т.Л. и др. Хирургическое лечение гемофтальма с одновременной ирригацией мелфалана у пациентов с ретинобластомой. *Российская детская офтальмология.* 2020;(2):20–25. DOI: 10.25276/2307-6658-2020-2-20-25
- Yarovoy A.A., Gorshkov I.M., Ushakova T.L. et al. Surgical treatment of hemophthalmos with simultaneous melphalan irrigation in patients with retinoblastoma. *Russian Pediatric Ophthalmology.* 2020;(2):20–25 (in Russ.). DOI: 10.25276/2307-6658-2020-2-20-25
14. Яровой А.А., Яровая В.А., Осокин И.Г. и др. Результаты хирургии катаракты у детей с ретинобластомой. *Офтальмохирургия.* 2021;3:65–70. DOI: 10.25276/0235-4160-2021-3-65-70
- Yarovoy A.A., Yarovaya V.A., Osokin I.G. et al. Results of cataract surgery in children with retinoblastoma. *Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery.* 2021;3:65–70 (in Russ.). DOI: 10.25276/0235-4160-2021-3-65-70
15. Tawansy K.A., Samuel M.A., Shammass M., Murphree A.L. Vitreoretinal complications of retinoblastoma treatment. *Retina.* 2006;7(Suppl):S47–52. DOI: 10.1097/01.iae.00000225350.83931.f6
16. Bauman C.R., Shields C.L., Shields J.A., Tasman W.S. Surgical repair of rhegmatogenous retinal detachment after treatment for retinoblastoma. *Ophthalmology.* 1998;105(11):2134–2139. DOI: 10.1016/S0161-6420(98)91139-3
17. Chodick G., Kleiner R.A., Stovall M. et al. Risk of cataract extraction among adult retinoblastoma survivors. *Arch Ophthalmol.* 2009;127(11):1500–1504. DOI: 10.1001/archophth.2009.271
18. Shields C.L., Shields J.A., Cater J. et al. Plaque radiotherapy for retinoblastoma: long-term tumor control and treatment complications in 208 tumors. *Ophthalmology.* 2001;108(11):2116–2121. DOI: 10.1016/S0161-6420(01)00797-7
19. Chen M., Jiang H., Zhang J. et al. Outcome of intra-arterial chemotherapy for retinoblastoma and its influencing factors: a retrospective study. *Acta Ophthalmol.* 2017;95(6):613–618. DOI: 10.1111/aos.13333
20. Francis J.H., Marr B.P., Brodie S.E., Abramson D.H. Anterior ocular toxicity of intravitreal melphalan for retinoblastoma. *JAMA Ophthalmology.* 2015;133(12):1459–1463. DOI: 10.1001/jamaophth.2015.3119
21. Kaliki S., Maniar A., Kekunnaya R. Cataract surgery in treated retinoblastoma eyes: A study of 29 eyes. *Eur J Ophthalmol.* 2021;31(4):2048–2054. DOI: 10.1177/1120672120938575
22. Kaliki S., Taneja S., Palkonda V.A. Inadvertent intraocular surgery in children with unsuspected retinoblastoma: a study of 14 cases. *Retina.* 2019;39(9):1794–1801. DOI: 10.1097/IAE.0000000000002214
23. Stevenson K.E., Hungerford J., Garner A. Local extraocular extension of retinoblastoma following intraocular surgery. *Br J Ophthalmol.* 1989;73(9):739–742. DOI: 10.1136/bjo.73.9.739
24. Shields C.L., Honavar S., Shields J.A. et al. Vitrectomy in eyes with unsuspected retinoblastoma. *Ophthalmology.* 2000;107(12):2250–2255. DOI: 10.1016/S0161-6420(00)00427-9
25. Yarovoy A.A., Ushakova T.L., Gorshkov I.M. et al. Intraocular surgery with melphalan irrigation for vitreous hemorrhage in an only eye with retinoblastoma. *Eur J Ophthalmol.* 2016;26(1):17–19. DOI: 10.5301/ejo.5000683
26. Shields C.L., Say E.A., Pefkianaki M. et al. Rhegmatogenous retinal detachment after intraarterial chemotherapy for retinoblastoma: the 2016 founders award lecture. *Retina.* 2017;37(8):1441–1450. DOI: 10.1097/IAE.0000000000001382
27. Яровой А.А., Клеянкина С.С., Зубарева С.А. и др. Ретробульбарная инфузионная терапия интраокулярных осложнений локального лечения ретинобластомы. *Российская детская офтальмология.* 2020;(2):26–30. DOI: 10.25276/2307-6658-2020-2-26-30
- Yarovoy A.A., Kleyankina S.S., Zubareva S.A. i dr. Retrobulbar infusion therapy of intraocular complications of local treatment of retinoblastoma. *Russian Pediatric Ophthalmology.* 2020;(2):26–30 (in Russ.). DOI: 10.25276/2307-6658-2020-2-26-30

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Яровой Андрей Александрович — д.м.н., заведующий отделом офтальмоонкологии и радиотерапии ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 127486, Россия, г. Москва, Бескудниковский б-р, д. 59а; ORCID iD 0000-0003-2219-7054

Володин Денис Павлович — к.м.н., врач-офтальмолог, младший научный сотрудник отдела офтальмоонкологии и радиотерапии ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 127486, Россия, г. Москва, Бескудниковский б-р, д. 59а; ORCID iD 0000-0002-3660-7803

Алексеев Антон Сергеевич — врач-ординатор ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 127486, Россия, г. Москва, Бескудниковский б-р, д. 59а; ORCID iD 0009-0003-7714-4088

Яровая Вера Андреевна — к.м.н., врач-офтальмолог отдела офтальмоонкологии и радиотерапии ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 127486, Россия, г. Москва, Бескудниковский б-р, д. 59а; ORCID iD 0000-0001-8937-7450

Осокин Иван Геннадьевич — к.м.н., заведующий отделением микрохирургии и функциональной реабилитации глаза у детей ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 127486, Россия, г. Москва, Бескудниковский б-р, д. 59а.

Горшков Илья Михайлович — к.м.н., заведующий отделением витреоретинальной хирургии ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 127486, Россия, г. Москва, Бескудниковский б-р, д. 59а; ORCID iD 0000-0002-9370-5549

Контактная информация: Володин Денис Павлович, e-mail: volodin.den2016@yandex.ru

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

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 04.12.2024.

Поступила после рецензирования 27.12.2024.

Принята в печать 21.01.2025.

ABOUT THE AUTHORS:

Andrey A. Yarovoy — Dr. Sc. (Med.), Head of the Department of Ophthalmology and Radiotherapy, S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 59a, Beskudnikovskii blvd., Moscow, 127486, Russian Federation; ORCID iD 0000-0003-2219-7054

Denis P. Volodin — C. Sc. (Med.), Ophthalmologist, Junior Scientific Officer, S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 59a, Beskudnikovskii blvd., Moscow, 127486, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-3660-7803

Anton S. Alekseev — Resident Doctor, S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 59a, Beskudnikovskii blvd., Moscow, 127486, Russian Federation; ORCID iD 0009-0003-7714-4088

Vera A. Yarovaya — C. Sc. (Med.), Ophthalmologist, Department of Ophtho-omcolology and Radiotherapy, S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 59a, Beskudnikovskii blvd., Moscow, 127486, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-8937-7450

Ivan G. Osokin — C. Sc. (Med.), Head of the Department of Eye Microsurgery and Functional Rehabilitation, S. Fyodorov Eye

Microsurgery Federal State Institution; 59a, Beskudnikovskii blvd., Moscow, 127486, Russian Federation.

Il'ya M. Gorshkov — C. Sc. (Med.), Head of the Department of Vitreoretinal Surgery, S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 59a, Beskudnikovskii blvd., Moscow, 127486, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-9370-5549

Contact information: Denis P. Volodin, e-mail: volodin.den2016@yandex.ru

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

There is no **conflict of interest**.

Received 04.12.2024.

Revised 27.12.2024.

Accepted 21.01.2025.

DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-18

Новая модель временного кератопротеза

А.Д. Чупров^{1,2}, А.А. Горбунов¹, И.Н. Дмитриев³, И.М. Ярцев³, В.А. Трубников^{1,2},
Д.А. Раздобреев², Ю.А. Щербанова¹, А.С. Максюттов¹

¹Оренбургский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Оренбург, Российская Федерация

²Оренбургский государственный университет, Оренбург, Российская Федерация

³ООО «МИКВИД», Нижний Новгород, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: разработка медицинского изделия для временного блокирования операционной раны в роговице при выполнении реконструктивных операций на глазном яблоке и исследование его физических свойств.

Материал и методы: опытный образец временного кератопротеза был изготовлен из поликарбоната методом термопрессования. Конструкция корпуса обеспечивала герметизацию операционной раны и снижение риска осложнений. Для изучения структуры использовались оптическая микроскопия (микроскоп Olympus CKX-41) и атомно-силовая микроскопия (микроскоп «СММ-2000»). Апробация опытного образца временного кератопротеза проводилась на кадаверных глазах свиней.

Результаты исследования: поликарбонат продемонстрировал отличные механические свойства, высокую прозрачность, термостойкость и устойчивость к ультрафиолету. Апробация опытного образца на свиных глазах показала сокращение времени установки изделия и минимизацию травматизации тканей глаза. Протез обеспечивал плотное прилегание и герметизацию, а высокая прозрачность позволяла визуализировать сетчатку. Исследования поверхности с помощью оптического и атомно-силового микроскопов выявили однородность материала с минимальными включениями, невидимыми невооруженным глазом. Коэффициенты шероховатости поверхности находились в нанометровом диапазоне. Спектральные исследования подтвердили фотостойкость материала под воздействием видимого света, без деструктивных изменений полимерных цепей. Полимер сохранил свои свойства и размеры после многочасового облучения, демонстрируя механическую и фотохимическую стойкость.

Заключение: исследование подтвердило высокую эффективность поликарбоната как материала для временных кератопротезов благодаря его прочности, долговечности и высокой прозрачности. Апробация на кадаверных глазах свиней показала плотное прилегание, герметизацию глазной полости и снижение травматичности. Выявленные области поглощения в ультрафиолетовом диапазоне не влияют на практическое применение изделия.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: офтальмология, временный кератопротез, 3D-моделирование, термопрессование, медицинское изделие.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Чупров А.Д., Горбунов А.А., Дмитриев И.Н., Ярцев И.М., Трубников В.А., Раздобреев Д.А., Щербанова Ю.А., Максюттов А.С. Новая модель временного кератопротеза. Клиническая офтальмология. 2025;25(спецвыпуск):123–130. DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-18

New model of temporary keratoprosthesis

A.D. Chuprov^{1,2}, A.A. Gorbunov¹, I.N. Dmitriev³, I.M. Yartsev³, V.A. Trubnikov^{1,2}, D.A. Razdobreev²,
Yu.A. Shcherbanova¹, A.S. Maksyutov¹

¹Orenburg Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Orenburg, Russian Federation

²Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation

³ООО "MIKVID", Nizhny Novgorod, Russian Federation

ABSTRACT

Aim: to develop a medical device for temporary closure of a surgical wound in the cornea during a reconstructive surgery on the eyeball and to study its physical properties.

Materials and Methods: a pilot sample of temporary keratoprosthesis is made of polycarbonate by thermal compression. The body design provided sealing of the surgical wound and reduced a risk of complications. To study the structure, optical microscopy (Olympus CKX-41 microscope) and atomic force microscopy (CMM-2000 AFM microscope) were used. The pilot sample of temporary keratoprosthesis was tested in cadaver pig eyes.

Results: polycarbonate has demonstrated excellent mechanical properties, high transparency, heat and ultraviolet resistance. The pig eye tests demonstrated reduced device insertion time and minimal trauma to eye tissue. The prosthesis provided tight fit and sealing, and high transparency provided retinal imaging. Surface examinations by optical and atomic force microscopy revealed the material homogeneity with minimal subvisible particulate matter. Surface roughness factors were in the nanometer range. The spectral measurement confirmed photostability of the material when exposed to visible light, and no destructive changes were found in the polymer chains. As the polymer retained its properties and dimensions after hours-long irradiation, this indicates its mechanical and photochemical resistance.

Conclusion: the study confirmed that, due to strength, durability and high transparency, polycarbonate is a highly efficient material for temporary keratoprosthesis. The cadaver pig eye test demonstrated tight fit, ocular cavity sealing and reduced injury rate. The identified absorption regions in the ultraviolet range do not affect real-world application of the device.

KEYWORDS: ophthalmology, temporary keratoprosthesis, 3D modeling, thermal compression, medical device

FOR CITATION: Chuprov A.D., Gorbunov A.A., Dmitriev I.N., Yartsev I.M., Trubnikov V.A., Razdobreev D.A., Shcherbanova Yu.A., Maksyutov A.S. New model of temporary keratoprosthesis. Russian Journal of Clinical Ophthalmology. 2025;25(Special Issue):123–130 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-18

ВВЕДЕНИЕ

Проблема достижения прозрачности оптических средств является одной из основных в офтальмохирургии, особенно во время проведения сложных комбинированных операций, при таких заболеваниях, как помутнение роговицы и отслойка сетчатки [1, 2].

У тех пациентов, которые страдают отслойкой сетчатки, оказание ранней высококвалифицированной хирургической помощи является залогом успеха в лечении. Однако в тех случаях, когда заболевание сетчатки осложнено наличием помутнения роговицы, врач лишается возможности полноценной визуализации структур глаза и проведения манипуляций на них [3].

Ранее пациенты с сочетанными заболеваниями роговицы и сетчатки нуждались в хирургической операции, которую проводили в несколько этапов. Это обстоятельство увеличивало время их временной нетрудоспособности и требовало повторных вмешательств только после полного заживления пересаженной роговицы [4, 5].

Более эффективным и быстрым решением проблемы для таких пациентов может являться выполнение комбинированного хирургического вмешательства с использованием временного кератопротеза [6, 7].

Временный кератопротез является медицинским устройством, предназначенным для временного закрытия операционной раны в роговице во время проведения сочетанных реконструктивных операций на переднем и заднем отрезках глазного яблока [8].

В настоящее время в практическом здравоохранении используется ограниченное количество подобных изделий медицинского назначения, имеющих регистрационное удостоверение [9, 10]. Анализ ряда зарегистрированных изобретений показал, что некоторые варианты временных кератопротезов имеют низкие функциональные качества, отсутствует возможность их повторного использования из-за слабой конструкции, имеются сложности с установкой. Также имеется недостаточное количество информации об их клинической эффективности и безопасности.

Использование в ходе комбинированных операций временного кератопротеза, имеющего высокие технические характеристики, удобного в применении и долговечного по сроку службы, существенно облегчит работу хирургов, положительно скажется на прогнозах для пациентов в послеоперационный период, сократит время их пребывания в клинике, уменьшит количество анестезий и сократит период нетрудоспособности.

Актуальность и новизна данной работы заключаются в том, что, согласно имеющейся научной и практической информации, предложенное техническое решение, отвечающее всем поставленным задачам, не применялось в офтальмохирургии ранее.

Цель исследования: разработка медицинского изделия для временного блокирования операционной раны в роговице при выполнении реконструктивных операций на глазном яблоке и исследование его физических свойств.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Настоящая работа выполнена на базе Оренбургского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России совместно с инженерами ООО «МИКВИД». Оценка физических параметров разработанного кератопротеза проводилась

при поддержке центра коллективного пользования «Институт микро- и нанотехнологий» Оренбургского государственного университета.

С учетом выявленных недостатков существующих запатентованных временных кератопротезов нами были сформулированы основные технические требования к новой модели кератопротеза. Эти требования включают:

- ♦ медицинское изделие (МИ) должно быть прозрачным и гладким, что обеспечит возможность визуализации операционного поля и выполнения хирургических манипуляций на заднем отрезке глаза;
- ♦ процесс установки МИ на поверхность глаза должен быть простым и минимально травматичным для тканей глаза;
- ♦ МИ должно быть безопасным в токсикологическом отношении, не вызывать нежелательных аллергических реакций и выраженных воспалительных процессов у пациентов.

С целью реализации возможности многократного использования данного МИ нами была разработана двусоставная модель временного кератопротеза (рис. 1).

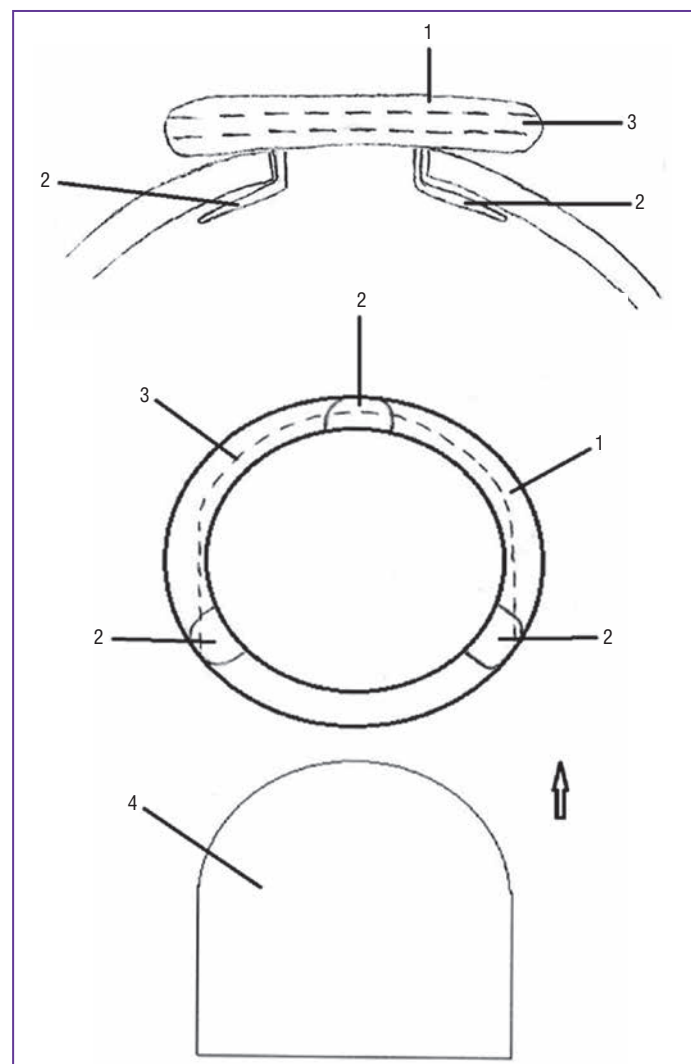


Рис. 1. Модель кератопротеза: 1 — рамка временного кератопротеза; 2 — жесткие фиксирующие элементы; 3 — выемка в средней части для оптического элемента; 4 — оптический элемент

Fig. 1. Keratoprosthesis model: 1 — frame of temporary keratoprosthesis; 2 — rigid fixing elements; 3 — recess for the optical element in the middle part; 4 — optical element

Конструкция изделия включает: корпус с тремя фиксирующими элементами, расположенными равноудаленно друг от друга на нижней поверхности, выполненными с возможностью их заведения в операционную рану. Корпус выполнен в виде утолщенного кольца с выемкой для вставки оптического элемента.

При выборе размера корпуса временного кератопротеза мы ориентировались на диаметр трепанационного отверстия в роговице реципиента, условное значение которого составляло 8 мм. Важно, чтобы корпус МИ перекрывал зону операционного доступа на 2 мм с каждой стороны. Таким образом, запланированная длина корпуса кератопротеза достигала 12 мм. Такой подход обусловлен необходимостью достижения полной герметизации операционной раны, минимизации послеоперационного уплощения оптической поверхности и снижения риска развития вторичной глаукомы.

При создании оправы были изучены различные материалы (пластики и металлы). Для производства изделия было опробовано несколько технологий обработки пластика: FDM и фотополимерная 3D-печать, литье пластика в формы, а также метод термопрессования. Изначально линза кератопротеза изготавливалась из стекла или различных пластиковых материалов. Стекло отличалось высокой прозрачностью, однако его хрупкость значительно увеличивала риск повреждений при работе с кератопротезом, что могло привести к травмам глаза. Проведенные испытания показали, что конструкция с заменяемой линзой оказалась неудобной в эксплуатации. С учетом выявленных недостатков двухкомпонентного устройства было принято решение изготавливать кератопротез из одного цельного материала. Также на основе результатов пробной установки кератопротеза на кадаверных свиных глазах ($n=10$) было решено доработать имеющуюся модель: заменить одну из ножек на ушко с отверстием для подшивания.

Итоговый экспериментальный образец временного кератопротеза был изготовлен из пластика методом термопрессования. Для работы был создан компактный термопресс, оснащенный пресс-формами из стали. В качестве исходного материала был использован подготовленный лист поликарбоната толщиной 1 мм.

Вследствие того, что сам кератопротез представляет собой твердый прозрачный полимерный образец, для исследования его структуры применялись методы оптической и зондовой микроскопии. Оптическая микроскопия осуществлялась с помощью инвертированного оптического микроскопа Olympus CKX-41 (Olympus, Япония). Оценка степени шероховатости поверхности протеза исследовали с помощью атомно-силовой микроскопии (АСМ) с использованием микроскопа «СММ-2000» (ОАО «Завод Протон-МИЭТ», Россия) в контактном режиме. В этом режиме использовался кантилевер с относительно малым коэффициентом жесткости, что позволяет обеспечить высокую чувствительность и избежать повреждения полимера от чрезмерного воздействия зонда на образец.

Спектр поглощения кератопротеза в видимой области был получен с помощью двухканального оптоволоконного спектрометра AvaSpec (Avantes, Нидерланды). Для исследования фотостойкости на кератопротез воздействовали излучением галогеновой лампы (Elektrostandard, Китай) мощностью 10 Вт в течение 4 ч. При выборе време-

ни экспонирования образцов исходили из принципа разумной достаточности, подразумевая, что время имплантации пациенту, когда кератопротез находится под воздействием прямых лучей, значительно меньше 4 ч.

Мониторинг изменения химического состава образца проводили с помощью спектроскопии комбинационного рассеяния (КР) с использованием рамановского микроскопа RamMics M532 (Enspectr, Россия) при длине волны зондирующего лазера 532 нм (конструкция имеющегося у нас рамановского микроскопа предусматривает только одну длину волны 532 нм).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Поликарбонат продемонстрировал превосходные механические свойства и высокую степень прозрачности, что имеет ключевое значение для обеспечения оптимальной видимости и функциональности протеза. Кроме того, материал обладает высокой термостойкостью и устойчивостью к воздействию ультрафиолетового излучения, что способствует увеличению срока службы изделия. После процесса прессования изделие подвергалось обрезке по периметру, последующей шлифовке краев, а ножки изделия нагревались и формовались с использованием специального инструмента (рис. 2). На заключительном этапе в изделии высверливали отверстие, предназначенное для фиксации кератопротеза к тканям глаза.

При апробации последней модификации временного кератопротеза на кадаверных глазах свиней было продемонстрировано, что использование разработанной конструкции изделия позволило значительно сократить время установки протеза и минимизировать травматическое воздействие на структуры глазного яблока по сравнению с аналогами (рис. 3). Протез обеспечивал плотное прилегание к тканям, что способствовало эффективной герметизации полости глаза, а высокая прозрачность материала позволяла визуализировать сетчатку без существенных затруднений.

Относительно представленных фотографий поверхности кератопротеза, сделанных с помощью инвертированного оптического микроскопа, можно сказать, что поверхность пластика достаточно однородная, с не-

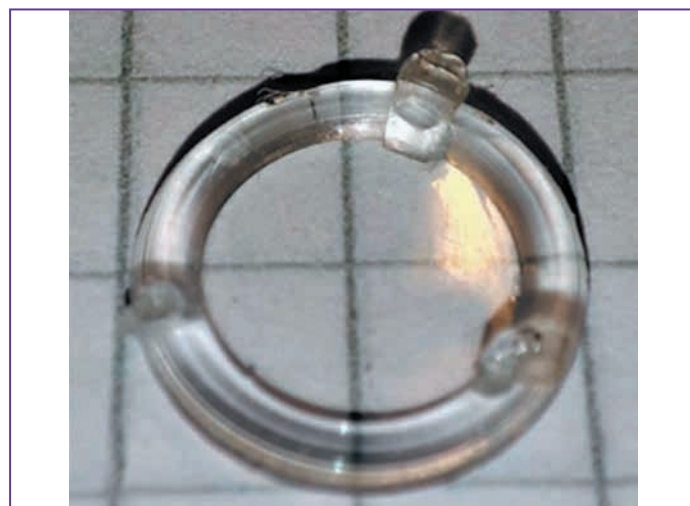


Рис. 2. Внешний вид результирующего изделия из поликарбоната

Fig. 2. Appearance of the final polycarbonate device

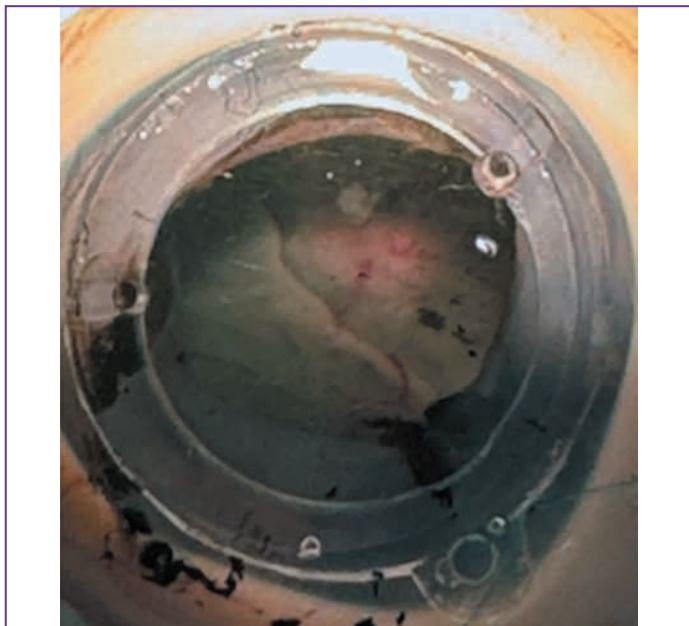


Рис. 3. Кадаверный свиной глаз с установленным временным кератопротезом

Fig. 3. A cadaver pig eye with inserted temporary keratoprosthesis

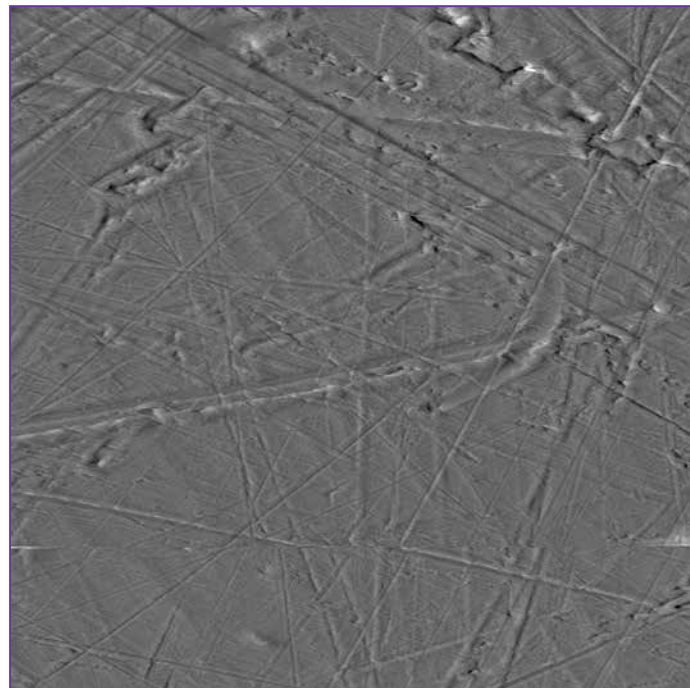


Рис. 6. Изображение кератопротеза, полученное при проведении АСМ. Сканирующий стол 50–50 мкм

Fig. 6. AFM image of the keratoprosthesis. Scanning stage: 50–50 microns



Рис. 4. Фотография поверхности кератопротеза при 200-кратном увеличении

Fig. 4. Keratoprosthesis surface: photograph, 200x magnification



Рис. 5. Фотография поверхности кератопротеза при 400-кратном увеличении

Fig. 5. Keratoprosthesis surface: photograph, 400x magnification

большими включениями, вызванными, скорее всего, технологическим циклом производства. Размер таких включений не позволяет визуализировать их обычным человеческим глазом, без применения специализированного оборудования (рис. 4, 5).

На рисунке 6 приведено полученное АСМ-изображение поверхности кератопротеза. Как следует из рисунка, поверхность при таких разрешениях, конечно, менее однородна, чем в режиме просвечивающего оптического микроскопа, однако измеренные в различных точках коэффициенты шероховатости поверхности R_a находились всего лишь в нанометровом диапазоне (рис. 7).

При исследовании спектральных характеристик кератопротеза установлены области значительного поглощения светового излучения, что вызывает необходимость проверки фотостойкости полимерного материала на предмет образования нежелательных компонентов на поверхности во время проведения хирургического вмешательства. Конечно, как и все полимеры, материал для протезирования имеет широкую полосу поглощения в ультрафиолетовой (УФ) области спектра, коэффициенты экстинкции в диапазоне длин волн 200–300 нм очень велики. Но операция проводится с использованием только ламп с видимым светом, так как УФ-излучение небезопасно для человека. Поэтому, прежде всего, представляет интерес фотостойкость полимера именно под воздействием видимого излучения, тем более что спектр поглощения видимой области фиксирует полосу поглощения в диапазоне 460–660 нм (рис. 8).

На рисунке 9 приведен спектр комбинационного рассеяния исследуемого кератопротеза до воздействия видимого излучения. Расшифровка его с помощью базы данных Sadtler Standards Raman показала наличие ароматических и эфирных групп, характерных для полимеров на основе сложных полиэфиров терефталевой кислоты.

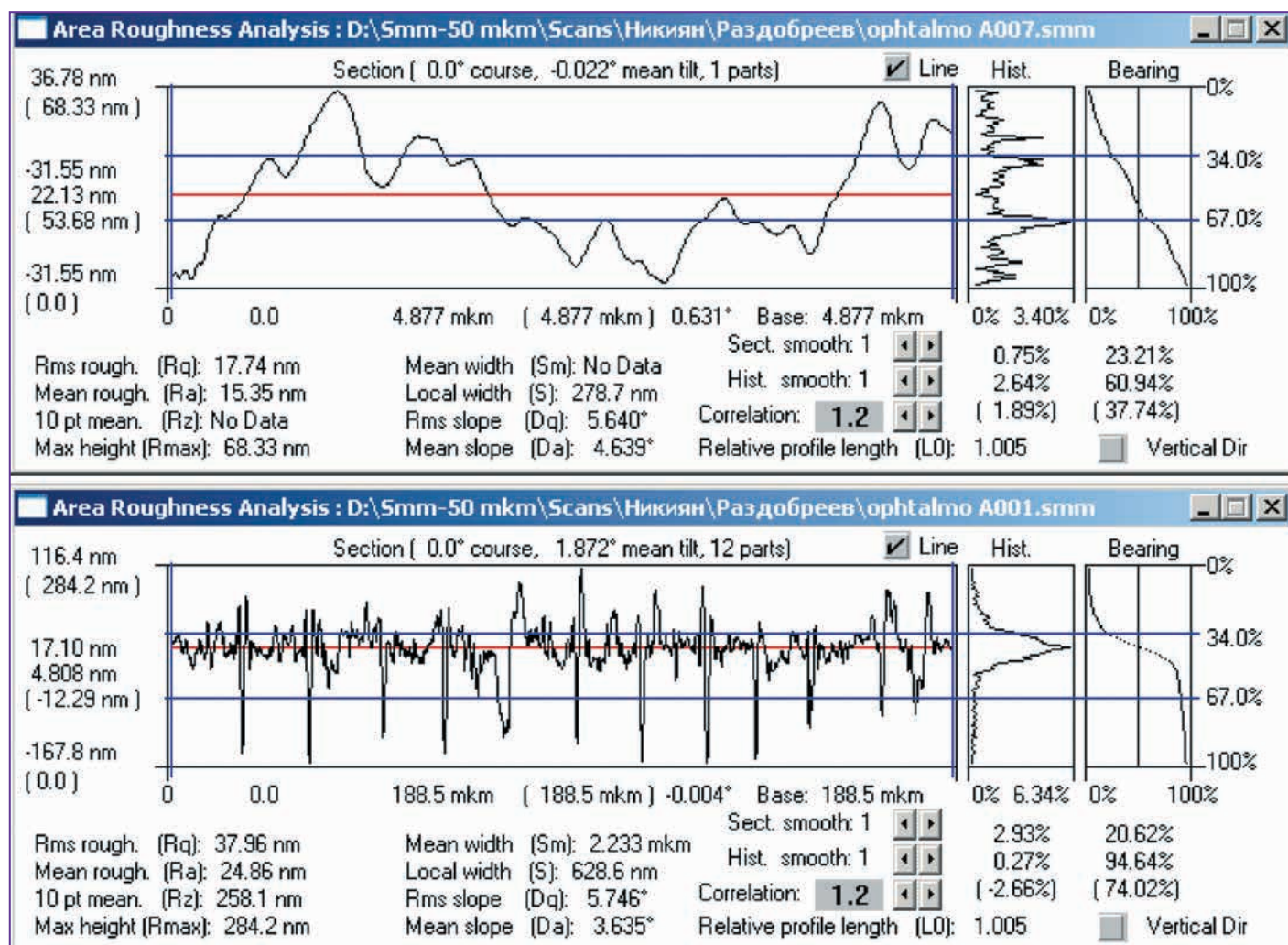


Рис. 7. Результаты измерения шероховатости поверхности кератопротеза, полученные при проведении ACM

Fig. 7. Keratoprosthesis surface roughness values obtained during AFM

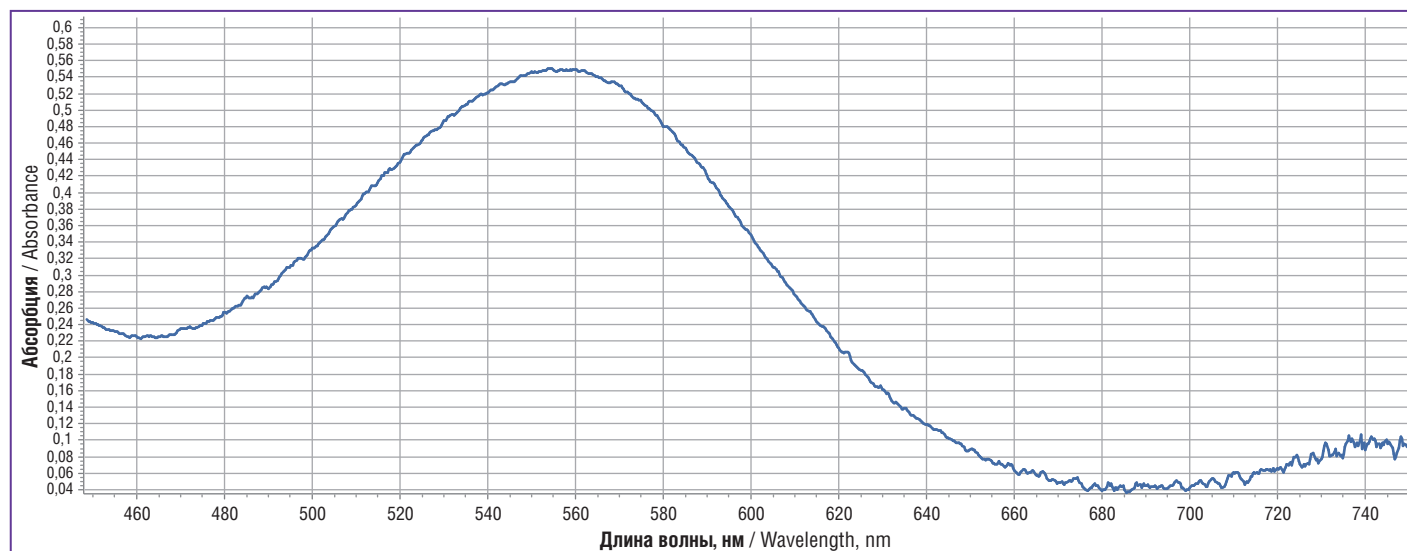


Рис. 8. Спектр поглощения кератопротеза в видимой области спектра, полученный с помощью двухканального оптоволоконного спектрометра AvaSpec

Fig. 8. Absorption spectrum of a keratoprosthesis in the visible region of the spectrum measured by an AvaSpec two-channel fiber optic spectrometer

На рисунке 10 представлены КР-спектры до и после многочасового облучения кератопротеза светом галогеновой

лампы. Как следует из вышеприведенного рисунка, спектры полностью идентичны.

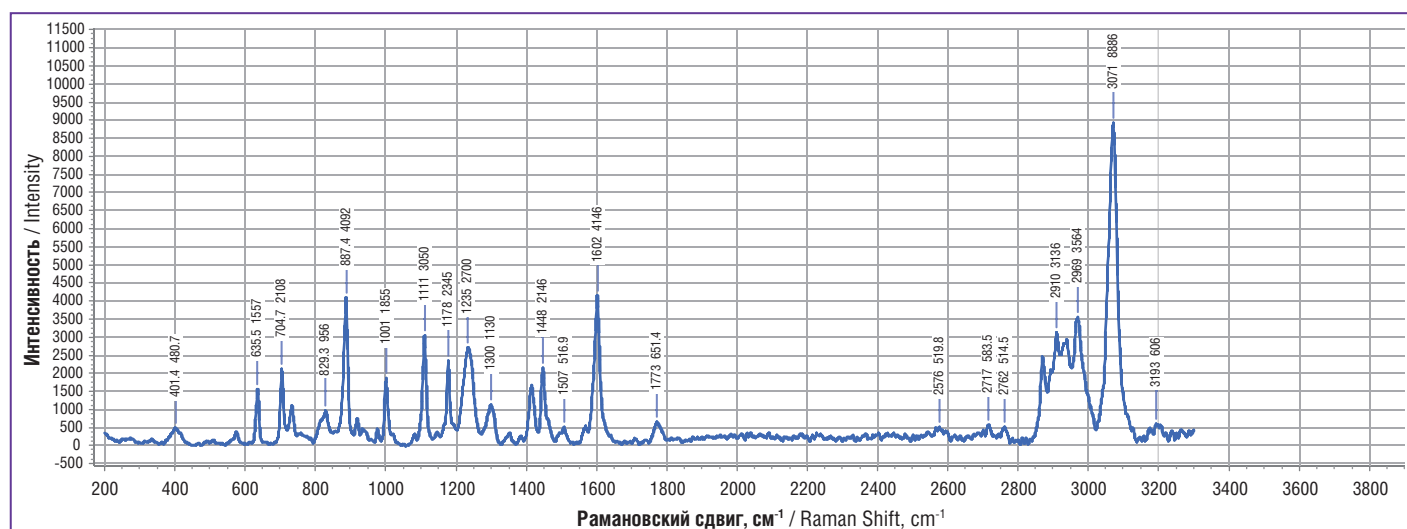


Рис. 9. Спектр комбинационного рассеяния с поверхности кератопротеза, полученный с помощью рамановского микроскопа RamMics M532 (длина волны зондирующего лазера 532 нм)

Fig. 9. Raman spectrum of the keratoprosthesis surface measured by a RamMics M532 Raman microscope (probing laser wavelength 532 nm)

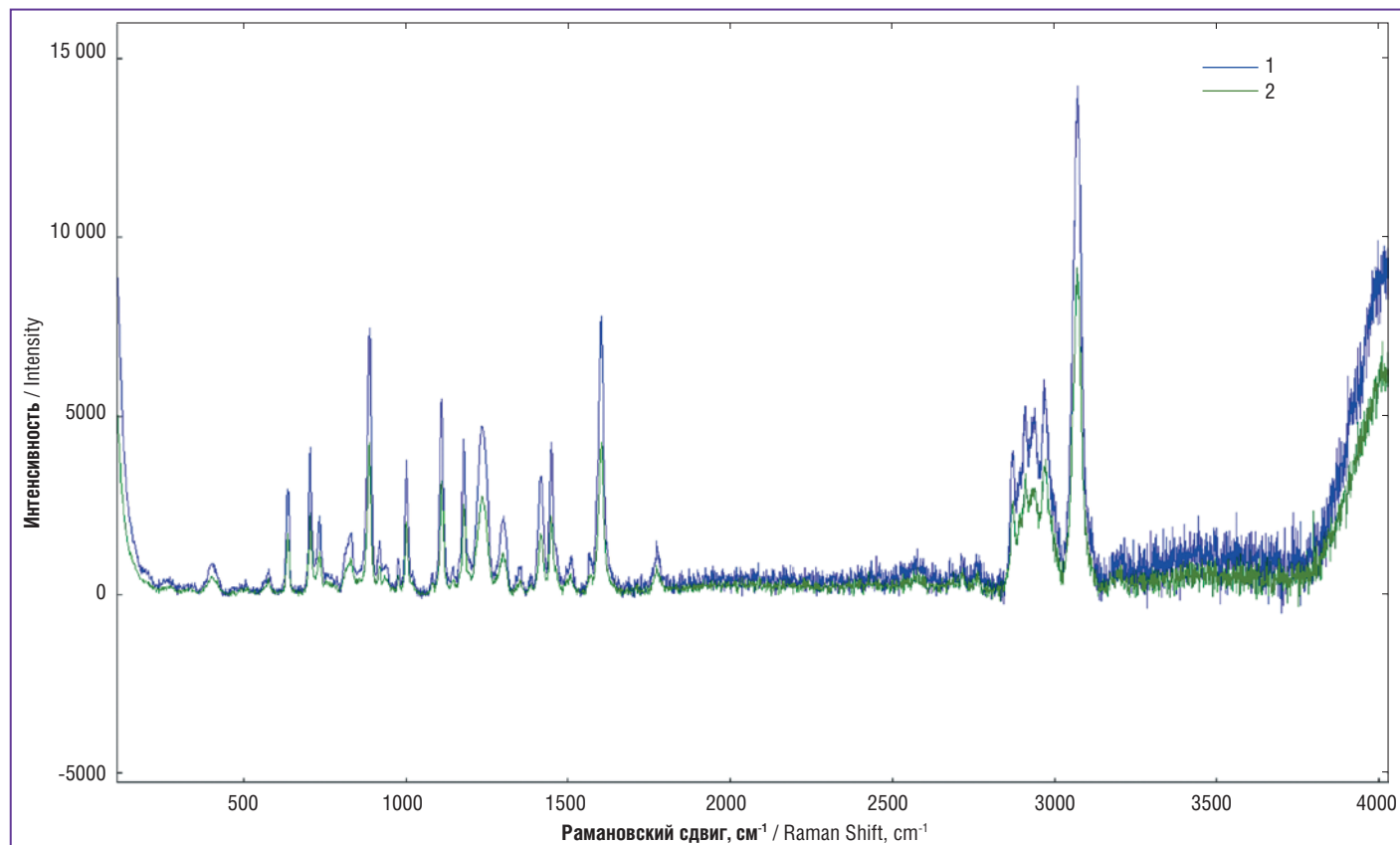


Рис. 10. Спектр комбинационного рассеяния с поверхности кератопротеза до облучения (1) и после облучения (2) видимым светом от галогеновой лампы, полученный с помощью рамановского микроскопа RamMics M532 (длина волны зондирующего лазера 532 нм)

Fig. 10. Raman spectrum of the keratoprosthesis surface before irradiation — (1) and after irradiation — (2) with visible light from a halogen lamp measured by a RamMics M532 Raman microscope (probing laser wavelength 532 nm)

ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования подтверждают высокую эффективность и перспективность поликарбоната в качестве материала для временных кератопротезов. Поликарбонат обладает высокой прочностью, прозрачностью, термостойкостью и устойчивостью к УФ, что делает его

подходящим для использования в офтальмологической хирургии. Прозрачность материала обеспечивает оптимальную визуализацию глазных структур.

Спектральные исследования подтвердили фотостойкость материала в видимом диапазоне, исключая риск разрушения во время операций. Анализ поверхности показал

ее однородность и минимальную шероховатость, что снижает травматизацию тканей глаза.

Апробация на кадаверных свиных глазах продемонстрировала плотное прилегание протеза, герметизацию глазной полости и сокращение времени установки, что улучшает исходы операций и снижает травматичность.

Хотя материал поглощает свет в УФ-диапазоне (200–300 нм), это не влияет на практическое применение, так как операции проводятся в видимом спектре. Исследования также подтвердили отсутствие изменений структуры материала после облучения видимым светом.

Таким образом, поликарбонатный кератопротез обладает высоким потенциалом для офтальмологии. В дальнейшем планируются проведение комплексной оценки физических свойств разработанного кератопротеза, клиническая апробация на лабораторных животных и изучение токсикологического воздействия материала на ткани глаза животных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование подтвердило высокую эффективность поликарбоната как материала для временных кератопротезов благодаря его прочности, долговечности и высокой прозрачности. Апробация на кадаверных глазах свиней показала плотное прилегание, герметизацию глазной полости и снижение травматичности. Выявленные области поглощения в УФ-диапазоне не влияют на практическое применение изделия.

Литература / References

- Fagerholm P., Lagali N.S., Ong J.A. et al. Stable corneal regeneration four years after implantation of a cell-free recombinant human collagen scaffold. *Biomaterials*. 2014;35(8):2420–2427. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2013.11.079
- Yaghouti F., Nouri M., Abad J.C. et al. Keratoprosthesis: preoperative prognostic categories. *Cornea*. 2001;20(1):19–23. DOI: 10.1097/00003226-200101000-00003
- Basu S., Taneja M., Narayanan R. et al. Short-term outcome of Boston Type 1 keratoprosthesis for bilateral limbal stem cell deficiency. *Indian J Ophthalmol*. 2012;60(2):151–153. DOI: 10.4103/0301-4738.94059
- Горбунов А.А., Казеннов А.Н., Щербанова Ю.А., Мамбетова Э.М. Клинический случай одномоментного лечения отслойки сетчатки со сквозной кератопластикой. *Оренбургский медицинский вестник*. 2021;9(4(36)):60–64.
- Gorbunov A.A., Kazennov A.N., Shcherbanova Yu.A., Mambetova E.M. Clinical case of one-stage surgical treatment of retinal detachment with penetrating keratoplasty. *Orenburg Medical Herald*. 2021;9(4(36)):60–64 (in Russ.).
- Кански Дж.Дж., Милевски С.А., Дамато Б.Э., Тэннер В. Заболевания глазного дна. М.: МЕДпресс-информ; 2024.
- Kanski J.J., Milewski S.A., Damato B.E., Tanner V. Diseases of the ocular fundus. Moscow: MEDpress-inform; 2024 (in Russ.).
- Chodosh J., Ilios E.P., Graney J. Keratoprosthesis apparatuses, systems, and methods: U.S. Patent WO2017177145A1. Washington, DC: U.S. Patent dated 2017.
- Зейнеп А. Кератопротезирование в сочетании с витрэктомией. *Точка зрения. Восток — Запад*. 2019;(4):80–81. DOI: 10.25276/2410-1257-2019-4-80-81
- Zeynep A. Keratoprosthesis Combined with Vitrectomy. *Point of view. East-West*. 2019;(4):80–81 (in Russ.). DOI: 10.25276/2410-1257-2019-4-80-81
- Чупров А.Д., Горбунов А.А., Щербанова Ю.А. Временный кератопротез. Патент РФ на полезную модель № 205904. Оpubл. 21.05.2021. Бюл. № 23.
- Chuprov A.D., Gorbunov A.A., Shcherbanova Yu.A. Temporary keratoprosthesis. Patent RU № 205904. Published May 21, 2021. Bull. № 23. (in Russ.).
- Ghaffariyeh A., Honarpisheh N., Karkhaneh A. et al. Fyodorov-Zuev keratoprosthesis implantation: long-term results in patients with multiple failed corneal grafts. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2011;249(1):93–101. DOI: 10.1007/s00417-010-1493-8
- Якименко С.А., Родин С.С., Левицкая Г.В., Уфанец Н.Н. Опыт использования временного кератопротеза для проведения витрэктомии у пациентов с бельмами роговицы и отслойкой сетчатки. *Проблемы экологичної та медичної генетики і клінічної імунології*. 2011;106(4):32–36.
- Yakimenko S.A., Rodin S.S., Levytska G.V., Umanets N.N. Vitrectomy with temporary keratoprosthesis in patients with retinal detachment and corneal opacity. *Problems of ecological and medical genetics and clinical immunology*. 2011;106(4):32–36 (in Russ.).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Чупров Александр Дмитриевич — д.м.н., профессор, директор Оренбургского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 460047, Россия, г. Оренбург, ул. Салмышская, д. 17; заведующий кафедрой медико-биологической техники Оренбургского государственного университета; 460018, Россия, г. Оренбург, пр-т Победы, д. 13; ORCID iD 0000-0001-7011-4220

Горбунов Алексей Александрович — к.м.н., доцент, заместитель директора по лечебной работе Оренбургского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 460047, Россия, г. Оренбург, ул. Салмышская, д. 17; ORCID iD 0000-0003-3166-4419

Дмитриев Илья Николаевич — ведущий инженер ООО «МИКВИД»; 603009, Россия, г. Нижний Новгород, пр-т Гагарина, д. 39; ORCID iD 0009-0006-6275-204X

Ярцев Иван Михайлович — ведущий инженер ООО «МИКВИД»; 603009, Россия, г. Нижний Новгород, пр-т Гагарина, д. 39; ORCID iD 0009-0005-0726-3633

Трубников Вячеслав Александрович — к.м.н., заместитель директора по инновационному развитию медицинских технологий Оренбургского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 460047, Россия, г. Оренбург, ул. Салмышская, д. 17; старший преподаватель кафедры медико-биологической техники Оренбургского государственного университета; 460018, Россия, г. Оренбург, пр-т Победы, д. 13; ORCID iD 0000-0002-9451-8622

Раздобреев Дмитрий Анатольевич — к.х.н., доцент кафедры биофизики и физики конденсированного состояния Оренбургского государственного университета; 460018, Россия, г. Оренбург, пр-т Победы, д. 13; ORCID iD 0000-0002-7749-0074

Щербанова Юлия Алексеевна — врач-офтальмолог Оренбургского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 460047, Россия, г. Оренбург, ул. Салмышская, д. 17; ORCID iD 0009-0001-4864-1988

Максютов Азамат Саматович — врач-офтальмолог Орского лечебно-диагностического отделения Оренбургского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 460047, Россия, г. Оренбург, ул. Салмышская, д. 17.

Контактная информация: Щербанова Юлия Алексеевна, e-mail: nauka@ofmntk.ru

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

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 13.12.2024.

Поступила после рецензирования 15.01.2025.

Принята в печать 07.02.2025.

ABOUT THE AUTHORS:

Alexander D. Chuprov — Dr. Sc. (Med.), Professor, Director of the Orenburg Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 17, Salmyshskaya str., Orenburg, 460047, Russian Federation; Head of the Department of Biomedical Engineering, Orenburg State University; 13, Pobedy ave., Orenburg, 460018, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-7011-4220

Alexey A. Gorbunov — C. Sc. (Med.), Assistant Professor, Deputy Director for Medical Work of the Orenburg Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 17, Salmyshskaya str., Orenburg, 460047, Russian Federation; ORCID iD 0000-0003-3166-4419

Il'ya N. Dmitriev — Leading Engineer, ООО "MIKVID"; 39, Gagarin ave., Nizhny Novgorod, 603009, Russian Federation; ORCID iD 0009-0006-6275-204X

Ivan M. Yartsev — Leading Engineer, ООО "MIKVID"; room 17a, office 4, 39, Gagarin ave., Nizhny Novgorod, 603009, Russian Federation; ORCID iD 0009-0005-0726-3633

Vyacheslav A. Trubnikov — C. Sc. (Med.), Deputy Director for Innovative Development of Medical Technologies, Orenburg Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 17, Salmyshskaya str., Orenburg, 460047, Russian Federation; Senior Lecturer, Department of Biomedical Engineering, Orenburg State University; 13, Pobedy ave., Orenburg, 460018, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-9451-8622

Dmitryi A. Razdobreev — C. Sc. (Chem.), Assistant Professor of the Department of Biophysics and Condensed Matter Physics, Orenburg State University; 13, Pobedy ave., Orenburg, 460018, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-7749-0074

Yulia A. Shcherbanova — Ophthalmologist, Orenburg Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 17, Salmyshskaya str., Orenburg, 460047, Russian Federation; ORCID iD 0009-0001-4864-1988

Azamat S. Maksyutov — Ophthalmologist of Orsk Medical and Diagnostic Department of the Orenburg Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 17, Salmyshskaya str., Orenburg, 460047, Russian Federation.

Contact information: Yulia A. Shcherbanova, e-mail: nauka@ofmntk.ru

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

There is no conflict of interest.

Received 13.12.2024.

Revised 15.01.2025.

Accepted 07.02.2025.

DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-19

Экспериментальное исследование контактного и бесконтактного воздействия ультразвука на различные виды интраокулярных линз при проведении факоэмульсификации фрагмента ядра над поверхностью интраокулярных линз

Е.С. Пирогова¹, О.Л. Фабрикантов^{1,2}, С.И. Николашин^{1,2}, С.В. Шутова^{1,2},
К.В. Товмач², И.Д. Кузиев²

¹Тамбовский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Тамбов, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина», Тамбов, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: определить результаты бесконтактного и контактного воздействия ультразвука на материал гидрофобных и гидрофильных интраокулярных линз (ИОЛ) в разные сроки наблюдения.

Материал и методы: в работе были использованы 6 ИОЛ (3 гидрофобные и 3 гидрофильные). Мощность и время воздействия ультразвука на ИОЛ в бесконтактном и контактном режиме были следующими: продольный ультразвук составил 15%, время включения — 20%, торсионный ультразвук — 90%, время включения — 80%, частота импульса — 14 имп/с. Ультразвуковое воздействие продолжалось до достижения показателя кумулятивной рассеянной энергии (cumulative dissipated energy — CDE) 100 ед. При контактном воздействии ультразвука наконечник факоэмульсификатора с установленной на нем ультразвуковой иглой (факоиглой) активно контактировал с поверхностью ИОЛ до 3, 5 и 8 с в трех разных сегментах.

Результаты исследования: наблюдалось отсутствие повреждений гидрофобных и гидрофильных ИОЛ ультразвуком при его бесконтактном воздействии. При контакте факоиглы с поверхностью гидрофобной ИОЛ ее линейное повреждение имело длину 0,64 мм при воздействии 3 с, 0,86 мм при воздействии 5 с и 1,15 мм при воздействии 8 с, с гидрофильной ИОЛ — 0,43, 0,76 и 0,92 мм соответственно. Глубина повреждения гидрофобной ИОЛ равна 0,1 мм при воздействии 3 с, 0,2–0,25 мм при воздействии 5 с и 0,3–0,4 мм при воздействии 8 с. Глубина повреждения гидрофильной ИОЛ составила 0,2, 0,25–0,35 и 0,45–0,55 мм соответственно.

Заключение: при контактном ультразвуковом воздействии большие линейные повреждения получают гидрофобные ИОЛ за счет их хрупкости и твердости, чем гидрофильные, более эластичные и упругие. Глубина повреждения более выражена у гидрофильных ИОЛ за счет меньшей плотности их материала, менее — у гидрофобных ИОЛ за счет их большей плотности. Наблюдение в течение 1 года показало, что материал гидрофобных и гидрофильных ИОЛ из-за полученного контактного и бесконтактного ультразвукового воздействия не меняет свою структуру, не теряет своих оптических свойств, прозрачности, размеры повреждений в этот срок наблюдения не увеличиваются. Это расширяет показания к использованию "scaffold"-технологии, предполагающей имплантацию ИОЛ в капсульный мешок для защиты задней капсулы от повреждения перед факоэмульсификацией последнего фрагмента ядра над поверхностью ИОЛ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: осложненная катаракта, гидрофобные и гидрофильные ИОЛ, "scaffold"-технология, ультразвуковое повреждение ИОЛ.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Пирогова Е.С., Фабрикантов О.Л., Николашин С.И., Шутова С.В., Товмач К.В., Кузиев И.Д. Экспериментальное исследование контактного и бесконтактного воздействия ультразвука на различные виды интраокулярных линз при проведении факоэмульсификации фрагмента ядра над поверхностью интраокулярных линз. Клиническая офтальмология. 2025;25(специальный выпуск):131–136. DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-19

Experimental study of non-contact and contact ultrasonic impact on various types of intraocular lenses (IOLs) during phacoemulsification of a nuclear fragment over the IOL surface

E.S. Pirogova¹, O.L. Fabrikantov^{1,2}, S.I. Nikolashin^{1,2}, S.V. Shutova^{1,2}, K.V. Tovmach², I.D. Kuziev²

¹Tambov Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Tambov, Russian Federation

²Derzhavin Tambov State University, Tambov, Russian Federation

ABSTRACT

Aim: to determine the results of non-contact and contact ultrasonic impact on hydrophobic and hydrophilic intraocular lenses (IOLs) in different follow-up periods.

Materials and Methods: in total, 6 hydrophobic (n=3) and hydrophilic (n=3) IOLs were used. The following power and time of ultrasonic exposure to an IOL were used in non-contact and contact modes: longitudinal ultrasound — 15%, turn-on time — 20%, torsional ultrasound — 90%, turn-on time — 80%, pulse frequency — 14 imp/sec. Ultrasonic exposure continued until cumulative dissipated energy (CDE) reached

100 units. During contact action, an ultrasonic tip of a phacoemulsifier with an ultrasonic needle (phaco needle) mounted on it was actively introduced into the IOL in three different segments for up to 3, 5 and 8 seconds.

Results: non-contact ultrasonic exposure to hydrophobic and hydrophilic IOLs caused no damage. When the phaco needle came into contact with the surface of the hydrophobic IOLs, linear damages had a length of 0.64 mm (exposure time — 3 seconds), 0.86 mm (exposure time — 5 seconds), and 1.15 mm (exposure time — 8 seconds); as for the hydrophilic IOLs, they were 0.43 mm, 0.76 mm, and 0.92 mm, respectively. The depth of damages to the hydrophobic IOLs were 0.1 mm (exposure time — 3 seconds), 0.2-0.25 mm (exposure time — 5 seconds), and 0.3-0.4 mm (exposure time — 8 seconds). As for the hydrophilic IOLs, the damage depth values were 0.2 mm, 0.25-0.35 mm, and 0.45-0.55 mm, respectively.

Conclusion: due to their fragility and hardness, hydrophobic IOLs demonstrate greater linear damage resulted from a contact ultrasonic exposure than more elastic and resilient hydrophilic ones. Due to lower density, hydrophilic IOLs show deeper damage than hydrophobic IOLs whose density is higher.

KEYWORDS: complicated cataract, hydrophobic and hydrophilic IOLs, scaffold technique, ultrasonic damage to IOLs.

FOR CITATION: Pirogova E.S., Fabrikantov O.L., Nikolashin S.I., Shutova S.V., Tovmach K.V., Kuziev I.D. *Experimental study of non-contact and contact ultrasonic impact on various types of intraocular lenses (IOLs) during phacoemulsification of a nuclear fragment over the IOL surface. Russian Journal of Clinical Ophthalmology. 2025;25(Special Issue):131–136 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-19*

ВВЕДЕНИЕ

Слабость связочного аппарата хрусталика на фоне псевдоэкзофолиативного синдрома и других инволюционных поражений глаза всегда затрудняла хирургическую реабилитацию пациентов с катарактой [1, 2]. Совершенствование имеющихся и разработка новых технологий хирургии катаракты у данной категории пациентов позволили частично решить данную проблему, но процент хирургических вмешательств с большими разрезами у данной группы пациентов и количество операционных осложнений продолжают оставаться повышенными [3, 4]. Разработка новых девайсов — капсульных колец, ирис- и иридокапсулярных ретракторов, применяющихся для стабилизации сводов и самого капсульного мешка от смещения при ирригационной и механической нагрузке на капсульный мешок при проведении факэмульсификации, до конца не решила проблему повреждения задней капсулы у данной категории пациентов [4, 5]. Связано это с особенностями задней капсулы при слабости связочного аппарата хрусталика на фоне его инволютивного или травматического повреждения и разрушения гиалоидо-капсулярной связки Вигера, которые проявляются в виде ее дряблости и увеличенной подвижности. Таким образом, симптом патологической подвижности задней капсулы наблюдается у пациентов со слабостью порций цинновой связки и проявляется во время работы ирригационно-аспирационной системы наконечника факэмульсификатора, прорыва окклюзии с резким падением давления в передней камере. При симптоме патологической подвижности задней капсулы передняя гиалоидная мембрана остается на месте, в достаточном отдалении от наконечника, что позволяет ей оставаться неповрежденной [6–8].

A. Agarwal et al. [7] разработали технологию имплантации трехчастной интраокулярной линзы (ИОЛ) под фрагменты ядра, выведенные в переднюю камеру при разрыве задней капсулы хрусталика. В данной ситуации ИОЛ использовалась как барьер, разделяющий переднюю и заднюю камеры глаза, что уменьшало возможность выпадения стекловидного тела в переднюю камеру и смещение фрагментов ядра в стекловидное тело [7]. Эту технологию авторы назвали "scaffold"-технологией. Термин "scaffold" (англ. «подмости») применяется авторами в значении выполнения имплантированной трехчастной ИОЛ функции барьера для удержания фрагментов хрусталика или искусственной задней капсулы [6, 9]. В 2017 и 2019 гг. R.O. Parkash et al. [10, 11] описали использование

"scaffold"-технологии при факэмульсификации морганиевой катаракты для защиты задней капсулы от повреждения при эмульсификации фрагментов ядра и имплантации в капсульный мешок трехчастной ИОЛ перед удалением частей ядра при подвывихе хрусталика. Имплантация ИОЛ в капсульный мешок с последующей факэмульсификацией фрагмента ядра над ИОЛ может привести к контактному ультразвуковому повреждению ИОЛ с последующим нарушением ее прозрачности. Насколько велико будет контактное ультразвуковое воздействие на материал ИОЛ при контакте работающего ультразвукового наконечника и бесконтактное ультразвуковое — на фоне работающего ультразвукового наконечника вблизи поверхности ИОЛ непосредственно после операции и через 1 год, в доступной литературе подробно не освещено. Это послужило толчком к проведению экспериментального исследования, результаты которого могут стать основанием для расширения показаний к применению "scaffold"-технологии в клинической практике.

Цель исследования: определить результаты бесконтактного и контактного воздействия ультразвука на материал гидрофобных и гидрофильных ИОЛ в разные сроки наблюдения.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

По этическим соображениям и в связи с тем, что в данной работе не исследуется воздействие ультразвука на эндотелий роговицы, в качестве платформы для проведения исследований воздействия ультразвука на ИОЛ было решено использовать искусственные глаза (Madhu Instruments, Индия). Данный девайс разработан для отработки навыков факэмульсификации начинающими врачами и имеет искусственную роговицу, переднюю камеру, пластиковую переднюю капсулу и полимерный хрусталик, который предназначен для проведения его факэмульсификации. В работе были использованы 6 ИОЛ: 3 гидрофобные ИОЛ (1 — Acrysof natural и 2 — Acrysof single-piece SA60AT (Alcon, США), 3 гидрофильные ИОЛ Akreos AO (Bausch & Lomb, США), которые помещали в искусственные глаза (Madhu Instruments, Индия) (рис. 1). Операции проводили с использованием оптического операционного микроскопа Carl Zeiss Opti Lumera 700 (Германия) и факэмульсификатора Centurion (Alcon, США).

Величина поверхностного повреждения при контактном (механическом) воздействии ультразвукового наконечника

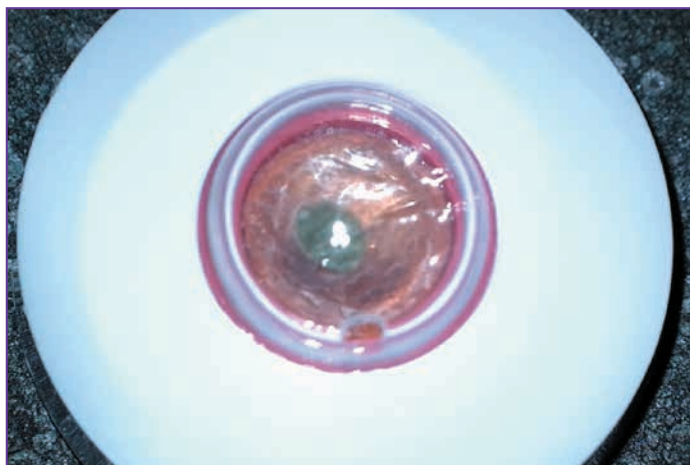


Рис. 1. Искусственные глаза в металлическом держателе

Fig. 1. Artificial eyes in a metal holder

факоэмульсификатора с установленной на нем ультразвуковой иглой (факоиглой) определялась путем сравнения величины повреждения с величиной оптической части ИОЛ. Глубина повреждения оценивалась при исследовании ИОЛ под тонким световым срезом щелевой лампы по соотношению глубины повреждения и толщины ИОЛ с использованием шкалы окуляра щелевой лампы. Исследования величины контактного и бесконтактного (ультразвукового) повреждения ИОЛ проводили непосредственно после вмешательства и через 1 год после его проведения.

Техника операции. Пластиковый искусственный глаз помещали в держатель. В переднюю камеру вводили вискоэластик и выполняли передний капсулорексис. Затем в хрусталике опытного глаза при помощи ультразвука формировали борозду, он разделялся на две половины, которые выводили в переднюю камеру. В капсульный мешок под половинки ядра имплантировали ИОЛ, факоэмульсификацию фрагментов продолжали над ИОЛ. С момента выполнения эмульсификации половинок ядра над ИОЛ начинали регистрировать величину показателя кумулятивной рассеянной энергии (cumulative dissipated energy — CDE). В разных случаях факоэмульсификация фрагментов ядра над ИОЛ занимала разное время, требовалось разное количество кумулятивной энергии. После окончания факоэмульсификации фрагментов продолжали работу ультразвуковым наконечником в передней камере над ИОЛ до достижения CDE около 100 ед. Для унификации бесконтактного воздействия ультразвука на материал ИОЛ при проведении всех 6 операций, где в 3 случаях использовались гидрофобные ИОЛ, в 3 случаях — гидрофильные ИОЛ, выполняли ультразвуковое воздействие над ИОЛ до достижения CDE примерно 100 ед.

Во всех 6 глазах использовали стандартизированную мощность и время воздействия ультразвука на ИОЛ в бесконтактном и контактном режиме. Режим продольного ультразвука составил 15%, время включения — 20% от всего времени воздействия ультразвука. Режим торсионного ультразвука составил 90%, время его включения — 80%, частота импульса — 14 имп/с, внутриглазное давление — 60 мм рт. ст. (эквивалент высоты бутылки в 82 см), аспирация — 26 см³/мин. Данные показатели работы ультразвукового наконечника мы используем в своей клинической практике для факоэмульсификации самых плотных катаракт.

После бесконтактного воздействия на ИОЛ ультразвука величиной CDE 100 ед. наконечник выводили из передней камеры, искусственную роговицу иссекали ножницами по кругу и извлекали ИОЛ. ИОЛ тщательно осматривали под большим увеличением на наличие изменений ее поверхности. После этого ИОЛ вновь имплантировали в искусственный глаз и приступали ко второму этапу исследования — контактному воздействию на ИОЛ. Контактное воздействие факоиглой на поверхность гидрофильных и гидрофобных ИОЛ выполняли с использованием продольного и торсионного ультразвука с вышеперечисленными параметрами мощности. Факоиглой активно контактировали с ИОЛ до 3, 5 и 8 с в трех разных сегментах для оценки степени повреждения материала линзы при разном времени контактного ультразвукового воздействия. После этого наконечник выводили из передней камеры, искусственную роговицу иссекали ножницами по кругу и извлекали ИОЛ.

Размеры дефектов оптики оценивали путем их сравнения с величиной оптической части ИОЛ. Для определения характера проникновения повреждения в глубину ИОЛ исследовали ИОЛ под тонким световым срезом щелевой лампы. Глубину повреждения оценивали по соотношению глубины повреждения и толщины ИОЛ с использованием шкалы окуляра щелевой лампы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты визуального осмотра ИОЛ под операционным микроскопом при среднем и максимальном увеличении показали отсутствие повреждений гидрофобных и гидрофильных ИОЛ ультразвуком в зонах его бесконтактного воздействия (рис. 2).

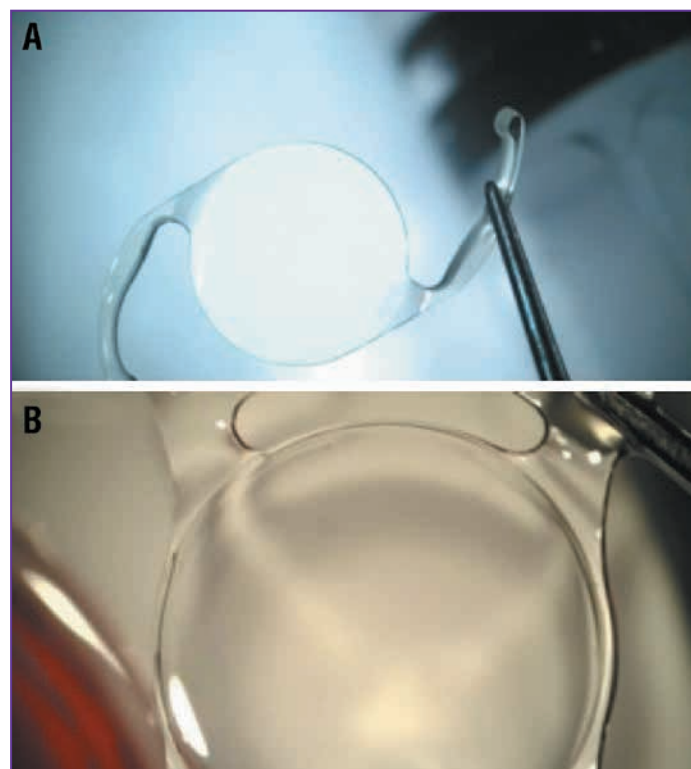


Рис. 2. Гидрофобная (А) и гидрофильная (В) ИОЛ после бесконтактного воздействия ультразвука (CDE 100 ед.)

Fig. 2. CDE. Hydrophobic (A) and hydrophilic (B) IOLs after non-contact exposure (CDE = 100 units)

В зонах непосредственного контактного воздействия факоиглы величина повреждения материала ИОЛ зависела от времени воздействия, поскольку мощность во всех случаях была одинакова.

Характер повреждения оптики ИОЛ, его распространённость в месте воздействия факоиглы и глубину повреждения определяли при обследовании под оптическим операционным микроскопом при большом увеличении. В зависимости от материала ИОЛ эти показатели оказались разными.

При использовании гидрофобной ИОЛ места контакта факоиглы с поверхностью ИОЛ в зависимости от продолжительности воздействия имели длину 0,64, 0,86 и 1,15 мм при воздействии длительностью 3, 5 и 8 с соответственно (рис. 3).

Глубина повреждения гидрофобной ИОЛ при контактном и бесконтактном воздействии на нее характеризовалась поверхностным повреждением с глубиной примерно 0,1 мм при длительности воздействия 3 с, средней глубиной повреждения с глубиной примерно в 1/3 толщины ИОЛ — 0,2–0,25 мм при воздействии в течение 5 с, повреждением менее чем до середины толщины ИОЛ с глубиной 0,3–0,4 мм при воздействии 8 с.

При контакте факоиглы с поверхностью гидрофильной ИОЛ при той же мощности ультразвука, при продолжительности воздействия 3 с линейное повреждение ИОЛ было равно 0,43 мм, 5 с — 0,76 мм, 8 с — 0,92 мм.

Глубина повреждения ИОЛ при контактном и бесконтактном воздействии на ИОЛ достигала примерно 0,2 мм при длительности воздействия 3 с, 0,25–0,35 мм (примерно 1/3 толщины ИОЛ) при воздействии 5 с, 0,45–0,55 мм (середина толщины ИОЛ) при воздействии 8 с. Измерение проводилось визуально, на щелевой лампе.

После исследования ИОЛ хранились в сбалансированном солевом растворе в укупоренных пузырьках в течение 1 года.

Визуальное обследование ИОЛ под операционным микроскопом через 1 год при максимальном увеличении показало отсутствие повреждений гидрофобных и гидрофильных ИОЛ ультразвуком в зонах его бесконтактного воздействия.

Исследование ультразвуковых повреждений в местах контакта с факоиглой поверхности гидрофобных и гидрофильных ИОЛ под операционным микроскопом при большом увеличении показало отсутствие увеличения повреждений оптической части. Их линейные размеры не изменились. Глубина повреждения оптики гидрофобных и гидрофильных ИОЛ с продолжительностью воздействия ультразвука 3, 5 и 8 с при исследовании также не изменилась, сохранились прежние показатели (рис. 4).

Обсуждение

Использование ИОЛ для стабилизации и защиты задней капсулы от повреждения при факоэмульсификации ядра и его фрагментов при подвывихе хрусталика нашло свое отражение в литературе [9, 12]. Препятствием для использования этого метода служила проблема глубины передней камеры с опасностью повреждения эндотелиального слоя роговицы и возможность повреждения оптики ИОЛ контактным и бесконтактным ультразвуковым воздействием. При факоэмульсификации фрагмента ядра уменьшенных размеров с использованием комбинации когезивного и дисперсивно-

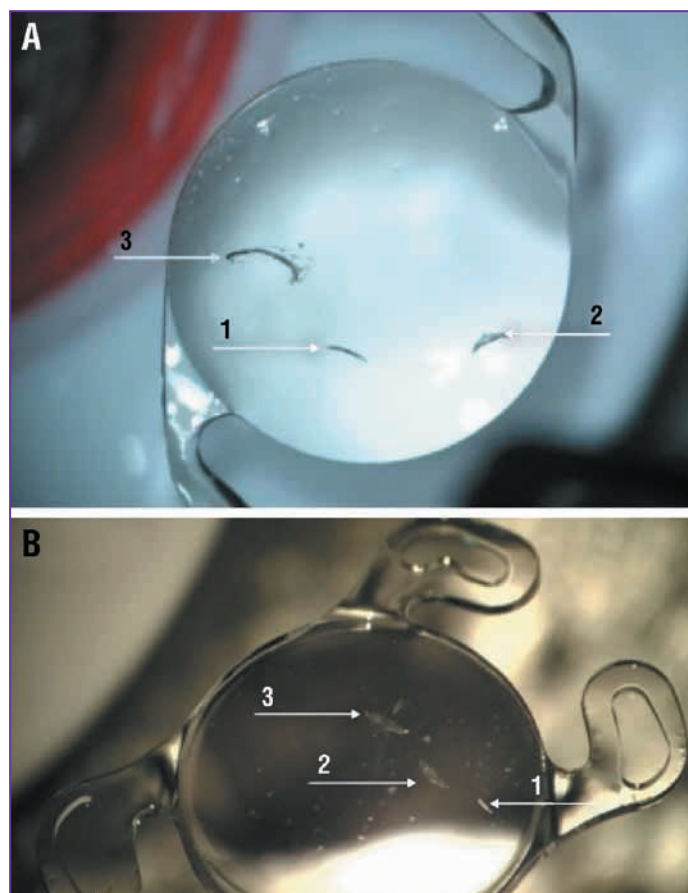


Рис. 3. Результаты контактного воздействия факоиглы на гидрофобную (А) и гидрофильную (В) ИОЛ при длительности воздействия 3 с (1), 5 с (2) и 8 с (3) (мощность ультразвука во всех случаях одинакова)

Fig. 3. Contact exposure of a phaco needle to hydrophobic (A) and hydrophilic (B) IOLs: exposure time: (1) — 3 seconds, (2) — 5 seconds, (3) — 8 seconds (the ultrasonic power is the same in all the cases)

го вискоэластика опасность повреждения эндотелиального слоя минимальна. Выяснено, что симптом патологической подвижности задней капсулы развивается при наличии слабости связочного аппарата хрусталика. Поэтому при введении вискоэластика и повышении гидростатического давления в передней камере на фоне проведения факоэмульсификации фрагментов ядра глубина передней камеры увеличивается за счет растяжения связочного аппарата хрусталика. Появляется возможность размещения последнего фрагмента ядра над ИОЛ в плоскости зрачка, где и проводится его факоэмульсификация: частично в задней камере, а частично — в плоскости зрачка. При морганиевой катаракте небольшое целое ядро помещается над ИОЛ в плоскости зрачка, где и проводится его факоэмульсификация без ущерба для эндотелиального слоя роговицы [4, 10, 11]. В исследовании было показано, что использование даже такой большой энергии ультразвука, как 100 CDE, не оказывает отрицательного влияния на материал как гидрофобных, так и гидрофильных ИОЛ при его бесконтактном воздействии. При контактном и бесконтактном ультразвуковом воздействии на материал ИОЛ с одинаковой мощностью и временем воздействия линейное повреждение у гидрофобных ИОЛ более выражено, чем у гидрофильных. При контактном воздействии факоиглы на оптическую часть ИОЛ в течение 3 с разница в величине повреждения между гидрофобной и гидрофильной

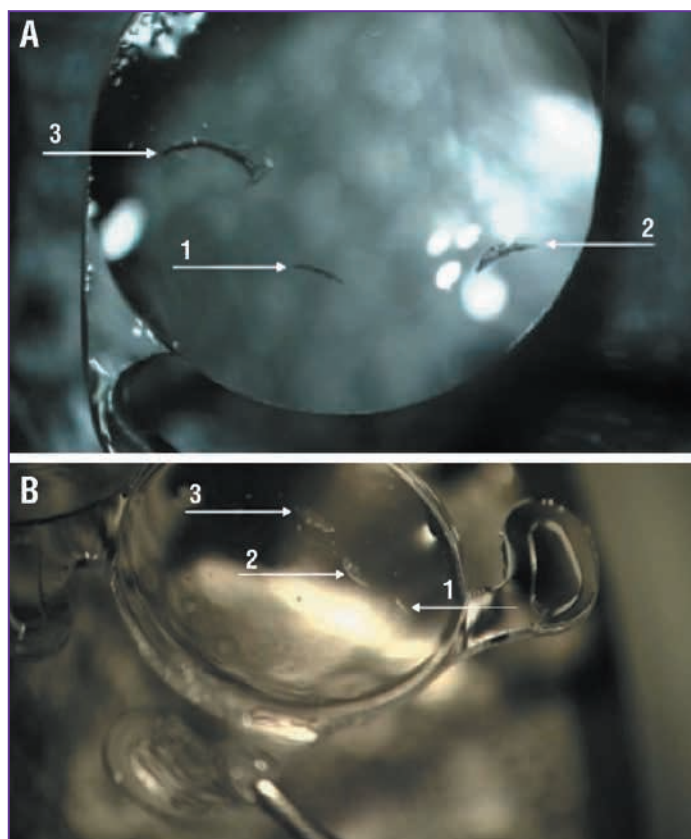


Рис. 4. Результаты контактного воздействия факоиглы на гидрофобную (А) и гидрофильную (В) ИОЛ через 1 год: (1) — время воздействия 3 с, (2) — 5 с, (3) — 8 с

Fig. 4. A. Hydrophobic IOL. B. Hydrophilic IOL Contact exposure of a phaco needle to hydrophobic and hydrophilic IOLs in 1 year: exposure time: (1) — 3 seconds, (2) — 5 seconds, (3) — 8 seconds

ИОЛ составила 0,21 мм, при воздействии 5 с — 0,10 мм, при воздействии 8 с — 0,23 мм. По нашему мнению, это связано с разной насыщенностью материала ИОЛ водой. Гидрофобный материал является более жестким, хрупким и при контактом ультразвуковом воздействии, по-видимому, больше изменяет свою структуру и трескается. Материал с большим содержанием воды более мягкий и упругий, контактное и бесконтактное воздействие на него факоиглы частично гасится за счет его мягкости и упругости. Глубина проникновения повреждения у гидрофильных ИОЛ была на 0,1 мм больше при контактом воздействии, что связано с большим содержанием воды и большей мягкостью и эластичностью материала данных ИОЛ. У гидрофобных ИОЛ глубина повреждения меньше — за счет более выраженной твердости материала таких ИОЛ. Срок наблюдения за данными ИОЛ в течение 1 года показал, что гидрофильные и гидрофобные ИОЛ сохранили свою прозрачность и их структура при исследовании под микроскопом не изменилась.

При нанесении контактных ультразвуковых повреждений их размеры не увеличиваются при длительном сроке наблюдения, оптика ИОЛ остается прозрачной.

Выводы

1. Бесконтактное воздействие ультразвука не оказывает отрицательного влияния на материал и оптиче-

ские характеристики гидрофобных и гидрофильных ИОЛ как в момент самого воздействия, так и через 1 год наблюдения за материалом и оптическими характеристиками ИОЛ.

2. При непосредственном контактом и бесконтактном ультразвуковом воздействии большие линейные повреждения получают гидрофобные ИОЛ за счет их большей хрупкости и твердости, чем гидрофильные, более эластичные и упругие. Глубина повреждения более выражена у гидрофильных ИОЛ за счет меньшей плотности их материала, менее выражена — у гидрофобных ИОЛ за счет их большей плотности.
3. Наблюдение в течение 1 года показало, что материал гидрофобных и гидрофильных ИОЛ в результате контактных и бесконтактных ультразвуковых воздействий не меняет свою структуру, не теряет своих оптических свойств, прозрачности, размеры повреждений в этот срок наблюдения не увеличиваются. Это расширяет показания к использованию "scaffold"-технологии, предполагающей имплантацию ИОЛ в капсульный мешок для защиты задней капсулы от повреждения перед факоэмульсификацией последнего фрагмента ядра над поверхностью ИОЛ.

Литература / References

1. Белоноженко Я.В., Сорокин Е.Л. Стратегия подходов к диагностике и выбору хирургического вмешательства при возрастной катаракте с исходным подвывихом хрусталика. *Современные технологии в офтальмологии*. 2015;(2):36–39.
- Belonozhenko Ya.V., Sorokin E.L. Approaches strategy to diagnosis and surgical intervention choice in age-related cataract with initial lens subluxation. *Modern technologies in ophthalmology*. 2015;(2):36–39 (in Russ.).
2. Белоноженко Я.В., Сорокин Е.Л. Слабость зонулярной поддержки хрусталика при возрастной катаракте, ее негативная роль в формировании осложнений факоэмульсификации и возможности предоперационного ее выявления. *Современные технологии в офтальмологии*. 2016;(3):182–184.
- Belonozhenko Ya.V., Sorokin E.L. Zonular weakness in age-related cataract, its negative role in the formation of phacoemulsification complications and possibilities of its preoperative detection. *Modern technologies in ophthalmology*. 2016;(3):182–184 (in Russ.).
3. Cionni R.J., Osher R.H., Marques M.V. et al. Modified capsular tension ring for patients with congenital loss of zonular support. *J Cataract Refract Surg*. 2003;29(9):1668–1673. DOI: 10.1016/S0886-3350(03)00238-4
4. Soosan J., Agarwal A., Agarwal A. et al. Glued endocapsular hemi-ring segment for fibrin glue-assisted sutureless transscleral fixation of the capsular bag in subluxated cataracts and intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg*. 2012;38(2):193–201. DOI: 10.1016/j.jcrs.2011.12.001
5. Assia E.L., Ton Y., Michaeli A. Capsule anchor to manage subluxated lenses initial clinical experience. *J Cataract Refract Surg*. 2009;35(8):1372–1379. DOI: 10.1016/j.jcrs.2009.02.046
6. Agarwal A., Kumar D.A., Jacob S. et al. Fibrin glue-assisted sutureless posterior chamber intraocular lens implantation in eyes with deficient posterior capsules. *J Cataract Refract Surg*. 2008;34(9):1433–1438. DOI: 10.1016/j.jcrs.2008.04.040
7. Agarwal A., Jacob S., Agarwal A. et al. Glued intraocular lens scaffolding to create an artificial posterior capsule for nucleus removal in eyes with posterior capsule tear and insufficient iris and sulcus support. *J Cataract Refract Surg*. 2013;39(3):326–333. DOI: 10.1016/j.jcrs.2013.01.018
8. Фабрикантов О.Л., Николашин С.И., Пирогова Е.С. Симптом патологической подвижности задней капсулы. *Офтальмохирургия*. 2018;(3):13–18. DOI: 10.25276/0235-4160-2018-3-13-18

- Fabrikantov O.L., Nikolashin S.I., Pirogova E.S. The symptom of the posterior capsule pathological mobility. *Ophthalmosurgery*. 2018;(3):13–18 (in Russ.). DOI: 10.25276/0235-4160-2018-3-13-18
9. Kumar D.A., Agarwal A., Prakash G. et al. IOL Scaffold technique for posterior capsule rupture. *J Refract Surg*. 2012;28(5):314–315. DOI: 10.3928/1081597X-20120413-01
10. Parkash R.O., Mahajan S., Parkash T.O. et al. Intraocular lens scaffold technique to prevent posterior capsule rupture in cases of Morgagnian cataract. *J Cataract Refract Surg*. 2017;43(1):8–11. DOI: 10.1016/j.jcrs.2016.12.008
11. Parkash R.O., Mahajan S., Parkash T.O. et al. Nuclear scaffold: Tree — dimensional indigenous capsular bad support combined with IOL scaffold and capsular tension ring to prevent posterior capsule rupture in zonulopathy. *J Cataract Refract Surg*. 2019;45(12):1696–1700. DOI: 10.1016/j.jcrs.2019.08.046
12. Батьков Е.Н., Паштаев Н.П. Тактические подходы к лечению подвывиха хрусталика. *Офтальмохирургия*. 2018;(3):80–87. DOI: 10.25276/0235-4160-2018-3-80-87
- Bat'kov E.N., Pashtae N.P. Tactical approaches to surgical management of lens subluxation. *Ophthalmosurgery*. 2018;3:80–87 (in Russ.). DOI: 10.25276/0235-4160-2018-3-80-87

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Пирогова Елена Сергеевна — к.м.н., врач-офтальмолог Тамбовского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 392000, Россия, г. Тамбов, Рассказовское ш., д. 1; ORCID iD 0000-0001-6994-5967

Фабрикантов Олег Львович — д.м.н., профессор, директор Тамбовского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 392000, Россия, г. Тамбов, Рассказовское ш., д. 1; заведующий кафедрой офтальмологии ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»; 392000, Россия, г. Тамбов, ул. Интернациональная, д. 33; ORCID iD 0000-0003-0097-991X

Николашин Сергей Иванович — к.м.н., заведующий научным отделом Тамбовского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 392000, Россия, г. Тамбов, Рассказовское ш., д. 1; доцент кафедры офтальмологии ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»; 392000, Россия, г. Тамбов, ул. Интернациональная, д. 33; ORCID iD 0000-0002-2491-9658

Шутова Светлана Владимировна — к.б.н., научный сотрудник Тамбовского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 392000, Россия, г. Тамбов, Рассказовское ш., д. 1; доцент кафедры медицинской биологии ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»; 392000, Россия, г. Тамбов, ул. Интернациональная, д. 33; ORCID iD 0000-0002-4929-7787

Товмач Кирилл Витальевич — студент 5-го курса ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»; 392000, Россия, г. Тамбов, ул. Интернациональная, д. 33.

Кузиев Иброхимджон Джахонбекович — студент 5-го курса ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»; 392000, Россия, г. Тамбов, ул. Интернациональная, д. 33.

Контактная информация: Пирогова Елена Сергеевна, e-mail: naukatmb@mail.ru

Источник финансирования: исследование выполнено в рамках реализации программы развития ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина» «Приоритет-2030».

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 11.11.2024.

Поступила после рецензирования 04.12.2024.

Принята в печать 27.12.2024.

ABOUT THE AUTHORS:

Elena S. Pirogova — C. Sc. (Med.), Ophthalmologist, Tambov Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 1, Rasskazovskoe road, Tambov, 392000, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-6994-5967

Oleg L. Fabrikantov — Dr. Sc. (Med.), Professor, Director of the Tambov Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 1, Rasskazovskoe road, Tambov, 392000, Russian Federation; Head of the Department of Ophthalmology, Derzhavin Tambov State University; 33, Internatsionalnaya str., Tambov, 392000, Russian Federation; ORCID iD 0000-0003-0097-991X

Sergey I. Nikolashin — C. Sc. (Med.), Head of the Scientific Department, Tambov Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 1, Rasskazovskoe road, Tambov, 392000, Russian Federation; Assistant Professor of the Department of Ophthalmology, Derzhavin Tambov State University; 33, Internatsionalnaya str., Tambov, 392000, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-2491-9658

Svetlana V. Shutova — C. Sc. (Biol.), Scientific Officer, Tambov Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 1, Rasskazovskoe road, Tambov, 392000, Russian Federation; Assistant Professor of the Department of Medical Biology, Derzhavin Tambov State University; 33, Internatsionalnaya str., Tambov, 392000, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-4929-7787

Kirill V. Tovmach — 5th-year student, Derzhavin Tambov State University; 33, Internatsionalnaya str., Tambov, 392000, Russian Federation.

Ibrokhimdzhon D. Kuziev — 5th-year student, Derzhavin Tambov State University; 33, Internatsionalnaya str., Tambov, 392000, Russian Federation.

Contact information: Elena S. Pirogova, e-mail: naukatmb@mail.ru

Source of funding: the research was carried out within Derzhavin Tambov State University development program "Priority-2030".

There is no conflict of interest.

Received 11.11.2024.

Revised 04.12.2024.

Accepted 27.12.2024.

DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-20

Оценка физических свойств силиконового масла без видимых признаков эмульгации после тампонады витреальной полости

А.Д. Чупров^{1,2}, С.Н. Летута², Д.А. Раздобреев², А.С. Фирсов¹, О.В. Маршинская¹, Т.В. Казакова¹

¹Оренбургский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза»

им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Оренбург, Российская Федерация

²Оренбургский государственный университет, Оренбург, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Введение: несмотря на длительную историю применения силиконового масла в витреоретинальной хирургии, его использование не лишено недостатков, одним из которых является эмульгирование. В связи с этим перед учеными возникает задача проведения более глубоких исследований, направленных на выявление потенциальных механизмов, способствующих развитию данного процесса, что позволит получить новые фундаментальные знания и решить практические вопросы.

Цель исследования: изучить физические характеристики силиконового масла без видимых признаков эмульгации после завершения тампонады.

Материал и методы: проведена оценка физических свойств неиспользованного силиконового масла (контрольная группа; n=10) и образцов использованного высокоочищенного силиконового масла без видимых признаков эмульгации, удаленного после завершения тампонады витреальной полости (n=12). Период тампонады составил 3 мес. Инфракрасную спектроскопию проводили с использованием Фурье-спектрометра, спектроскопию в ультрафиолетовом и видимом диапазонах (длина волн от 200 до 700 нм) — с помощью спектрофлуориметра «СМ-2203».

Результаты исследования: установлено, что изучаемый офтальмологический материал является линейным полимером диметилсилоксана. Выявлено, что уже через 3 мес. тампонады у силиконового масла даже без видимых признаков эмульгации происходит уменьшение молекулярной массы.

Заключение: полученные результаты имеют большое значение для определения стратегий, позволяющих избежать или контролировать эмульгирование силиконового масла, используемого при лечении отслойки сетчатки.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: отслойка сетчатки, витреоретинальная хирургия, силиконовое масло, эмульгация, спектроскопия.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Чупров А.Д., Летута С.Н., Раздобреев Д.А., Фирсов А.С., Маршинская О.В., Казакова Т.В. Оценка физических свойств силиконового масла без видимых признаков эмульгации после тампонады витреальной полости. Клиническая офтальмология. 2025;25(специальный):137–142. DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-20

Evaluation of physical properties of silicone oil without visible signs of emulsification after vitreal cavity tamponade

A.D. Chuprov^{1,2}, S.N. Letuta², D.A. Razdobreev², A.S. Firsov¹, O.V. Marshinskaia¹, T.V. Kazakova¹

¹Orenburg Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Orenburg, Russian Federation

²Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation

ABSTRACT

Background: despite long experience of silicone oil application in vitreoretinal surgery, it has several disadvantages (e. g., emulsification). In this regard, scientists are faced with an urgent task to conduct more in-depth studies focused on identification of potential mechanisms inducing the condition. As a result, this will provide new fundamental knowledge and solve practical issues.

Aim: to study physical characteristics of silicone oil without visible signs of emulsification after the tamponade completion.

Materials and Methods: physical properties of unused silicone oil samples (controls, n=10) and used highly purified silicone oil samples without visible signs of emulsification removed after the vitreous tamponade completion (n=12) were evaluated. The tamponade period was 3 months. Infrared spectroscopy was carried out with InfraLum FT-02 Fourier spectrometer, and UV-Vis spectroscopy (200–700 nm) was performed using a SM-2203 spectrofluorimeter.

Results: it has been established that the studied ophthalmic material is a linear dimethylsiloxane polymer. A decrease in molecular weight of silicone oil (even without visible signs of emulsification) was reported in as little as 3 months of tamponade.

Conclusion: the findings are of prime importance to develop a strategy to avoid/control emulsification of silicone oil used to manage retinal detachment.

KEYWORDS: retinal detachment, vitreoretinal surgery, silicone oil, emulsification, spectroscopy.

FOR CITATION: Chuprov A.D., Letuta S.N., Razdobreev D.A., Firsov A.S., Marshinskaia O.V., Kazakova T.V. Evaluation of physical properties of silicone oil without visible signs of emulsification after vitreal cavity tamponade. *Russian Journal of Clinical Ophthalmology*. 2025;25(Special Issue):137–142 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2025-25-Suppl-20

ВВЕДЕНИЕ

Отслойка сетчатки представляет собой серьезное заболевание глаз, которое занимает ведущее место среди причин снижения зрения, слепоты и инвалидизации населения трудоспособного возраста, в связи с чем является как медицинской, так и социальной проблемой [1, 2]. Для хирургического лечения данной патологии на протяжении многих лет специалистами было разработано и внедрено множество методов витреоретинального тампонирования, которые играют ключевую роль в обеспечении репозиции сетчатки и ее последующей фиксации к подлежащим оболочкам [3]. В настоящее время в клинической практике представлено несколько типов заместителей стекловидного тела, применяемых для эндовитреальной тампонады: инертные газы, перфторорганические соединения, а также силиконовые масла различной вязкости и полимерные гидрогели [4–7].

Силиконовое масло является одним из наиболее часто используемых материалов в офтальмохирургии уже более 30 лет [8, 9]. Тем не менее, несмотря на многолетний опыт применения, а также оптимизацию хирургических методов, использование силиконового масла не лишено недостатков, одним из которых является его эмульгирование [10–12]. Исследования, проведенные рядом авторов, показали, что этот процесс может приводить в дальнейшем к развитию у пациентов различных осложнений, которые затрагивают практически все анатомические структуры глаза (катаракта, вторичная глаукома, лентовидная кератопатия, передний увеит, повышенное внутриглазное давление, прогрессирование пролиферативной витреоретинопатии) [13–15]. В связи с этим перед учеными возникает актуальная задача проведения более глубоких и систематических исследований, направленных на вы-

явление потенциальных механизмов, способствующих процессу эмульгирования силиконового масла, что позволит получить новые фундаментальные знания, с одной стороны, и решить практические вопросы, связанные с предупреждением эмульгации силикона и формированием представлений о будущей стратегии улучшения внутриглазной тампонады — с другой. Следует отметить, что в научной литературе по данной теме представлено незначительное количество публикаций, что подчеркивает важность проведения комплексных исследований, направленных на углубленное понимание рассматриваемого вопроса [16–19].

Цель исследования: изучить физические характеристики силиконового масла без видимых признаков эмульгации после завершения тампонады.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа выполнена на базе Оренбургского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России. Проведена оценка физических свойств неиспользованного силиконового масла (контрольная группа; $n=10$) и образцов использованного силиконового масла без видимых признаков эмульгации, удаленного после завершения тампонады витреальной полости ($n=12$). Период тампонады составил 3 мес.

Для хирургического лечения отслойки сетчатки глаза применялось высокоочищенное силиконовое масло от одного производителя со следующими характеристиками: вязкость масла 5700 сСт, удельный вес при 22 °C 1,02 г/см³.

Отобранные образцы проб хранили в плотно закрытых флаконах при комнатной температуре до начала анализа.

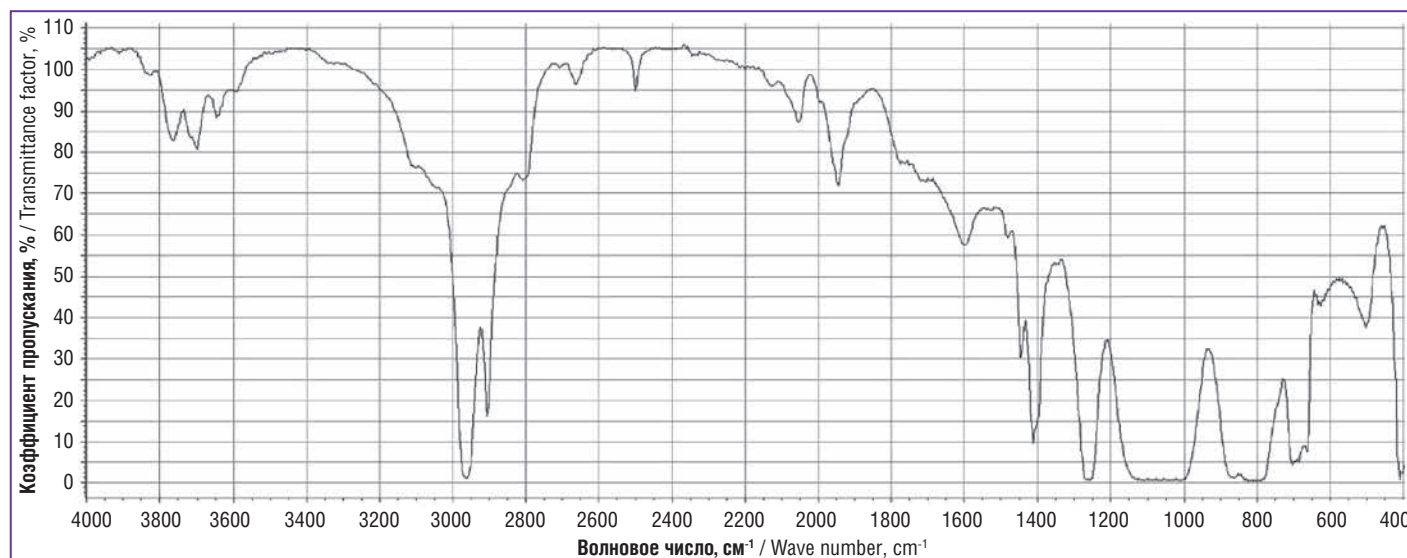


Рис. 1. Инфракрасный спектр для неиспользованного силиконового масла

Fig. 1. FT-IR spectra of the unused silicone oil samples

Более подробно методика работы описана в ранее проведенном нами исследовании по изучению химических свойств силиконового масла [10].

Инфракрасную спектроскопию (ИК-спектроскопию) проводили с использованием Фурье-спектрометра «Инфра-Люм ФТ-02» («Люмэкс», Россия) с диапазонами волновых чисел от 400 до 4000 см^{-1} . Спектроскопию в ультрафиолетовом и видимом диапазонах выполняли с помощью спектрофлуориметра «СМ-2203» (SOLAR, Беларусь). При измерении использовали диапазоны длин волн от 200 до 700 нм. В работе применялось оборудование центра коллективного пользования приборным оборудованием «Институт микро- и нанотехнологий» ЦКП ИМНТ ОГУ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На рисунке 1 приведены результаты ИК-спектроскопии. При сравнении полученного спектра для неиспользованного силиконового масла с эталонным из базы данных ИК-спектров Toronto Forensic было установлено, что основой данного вещества является полидиметилсилоксан.

Данный полимер обладает достаточно хорошей прозрачностью в видимой области спектра, что подтверждает спектр, представленный на рисунке 2. Однако невысокая информативность спектров в ультрафиолетовой и видимой областях не позволила взять рассматриваемый метод анализа как основной, в то время как данные литературы однозначно подчеркивали преимущества метода ИК-спектроскопии [20]. Вследствие этого именно ИК-спектры были взяты как основной инструмент анализа в проведенных исследованиях.

Все изучаемые образцы офтальмологического материала, удаленного из витреальной полости, выглядели одинаково, представляя собой эмульсию, расслаивающуюся со временем на две фракции. ИК-спектры верхней и нижней фракций после расслоения такого офтальмологического материала представлены на рисунке 3.

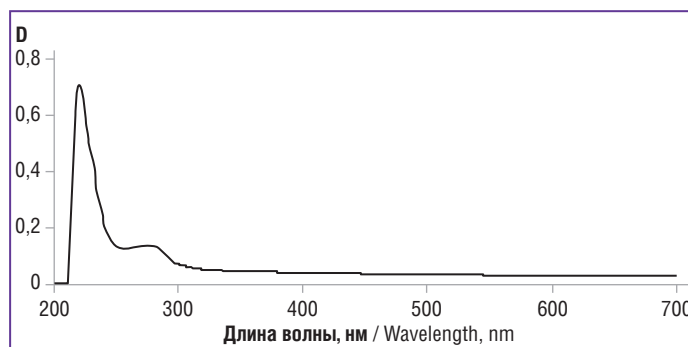


Рис. 2. Спектр поглощения для неиспользованного силиконового масла в видимой и ультрафиолетовой областях спектра

Fig. 2. UV-Vis spectra of the unused silicone oil samples

Как видно на рисунке 3, значимые различия между спектрами отсутствуют. Однако анализ, проведенный с помощью специализированного программного обеспечения ID Expert (John Wiley & Sons, Inc, США), показал, что спектр верхней фракции следует отнести к менее высокомолекулярной форме силиконового полимера, нежели спектр нижней фракции.

ОБСУЖДЕНИЕ

Эмульгирование силиконового масла остается одной из серьезных проблем витреоретинальной хирургии [21]. По данным ряда источников, эмульгация происходит не во всех случаях тампонады, а степень эмульгирования силиконового масла значительно варьирует от одного пациента к другому: в некоторых случаях, даже при длительном использовании силиконового масла, которое может продолжаться годами, выявляются лишь единичные капельки масла, что указывает на устойчивость системы к образованию эмульсии. В то же время у других пациентов уже через несколько месяцев констатируют развитие процесса массивного эмуль-

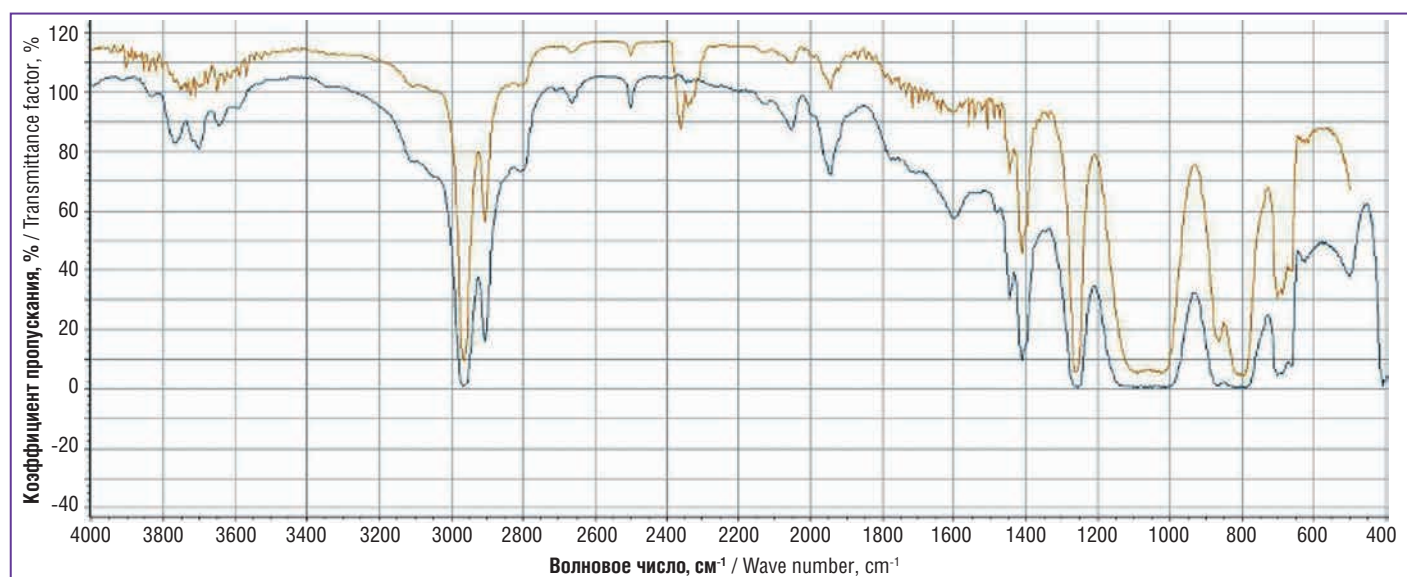


Рис. 3. Инфракрасные спектры для использованного силиконового масла после его расслоения на две фазы: 1 — нижний слой, 2 — верхний слой

Fig. 3. FT-IR spectra of the used silicone oil samples after a phase separation: 1 — bottom layer, 2 — upper layer

гирования [22, 23]. Изначально учеными предполагалось, что полидиметилсилоксаны обладают высокой химической стабильностью в живых системах благодаря термостабильности, инертности и отсутствию адгезии к клеткам [24]. Однако, как показывают исследования отечественных и иностранных ученых, накопилось немало доказательств того, что данные предположения могут быть не столь однозначными [25, 26]. С целью более глубокого понимания процесса эмульгирования важно изучить физико-химические свойства силиконовых масел до и после завершения тампонады. Важно отметить, что в литературе представлено недостаточное количество данных о том, как изменяются свойства силиконового масла при тампонаде витреальной полости.

Результаты проведенного исследования подтверждают, что основой изучаемого офтальмологического материала (силиконовое масло) является полидиметилсилоксан, состоящий из линейной цепи силоксановых повторяющихся звеньев ($-\text{Si}-\text{O}-$) и множества боковых цепей (радикальных боковых групп — метильной, фенильной, винильной и трифторпропильной), что согласуется с результатами ряда исследований [12, 27]. На основе проведенного анализа установлено, что неиспользованное силиконовое масло обладает хорошей прозрачностью, высокой степенью очистки (отсутствуют нежелательные примеси) и, следовательно, характеризуется высоким качеством.

В ходе работы показано, что спектр верхней фракции использованного силиконового масла следует отнести к менее высокомолекулярной форме полимера, что, в свою очередь, может повлиять на качество зрения. Следует отметить, что полученные результаты согласуются с данными иностранных ученых, которые установили, что уже через 2 мес. тампонады витреальной полости увеличивается количество частиц эмульсии и изменяется ИК-спектр пропускания силикона [28].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведенное исследование представляет собой пилотную работу, направленную на изучение физических свойств образцов силиконового масла высокой вязкости до и после тампонады витреальной полости. С помощью ИК-спектроскопии установлено, что изучаемый офтальмологический материал является линейным полимером диметилсилоксана. Выявлено, что уже через 3 мес. тампонады у силиконового масла даже без видимых признаков эмульгации уменьшается молекулярная масса. В рамках хирургической практики понимание физико-химических свойств силиконового масла может способствовать оптимизации технологий витреоретинальных операций. Важно отметить, что для более глубокого понимания изменений свойств силиконового масла и их влияния на процессы эмульгации требуются дополнительные исследования, основанные на использовании большего объема выборки пациентов с применением расширенной методологической базы.

Литература / References

1. Османов Р.Э., Фабрикантов О.Л., Османов Э.М. К вопросу о лечении регматогенной отслойки сетчатки. *Вестник российских университетов*. 2014;14(6):1948–1950.

Osmanov R.E., Fabrikantov O.L., Osmanov E.M. On the issue of the treatment of regmatogenic retinal detachment. *Bulletin of Russian Universities*. 2014;14(6):1948–1950 (in Russ.).

2. Файзрахманов Р.Р., Шишкин М.М., Клев В.С. и др. Пилинг внутренней пограничной мембраны при витреоретинальной хирургии регматогенной отслойки сетчатки: клинические результаты, альтернативы и перспективы. *Российский офтальмологический журнал*. 2024;17(1):149–155. DOI: 10.21516/2072-0076-2024-17-1-149-155

Fayzrakhmanov R.R., Shishkin M.M., Klev V.S. et al. Internal limiting membrane peeling in vitreoretinal surgery for rhegmatogenous retinal detachment: clinical results, surgical options, and future prospects. *Russian Ophthalmological Journal*. 2024;17(1):149–155 (in Russ.). DOI: 10.21516/2072-0076-2024-17-1-149-155

3. Yadav I., Purohit S.D., Singh H. et al. Vitreous substitutes: An overview of the properties, importance, and development. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2021;109(8):1156–1176. DOI: 10.1002/jbm.b.34778

4. Schwartz S.G., Flynn H.W. Jr., Wang X. et al. Tamponade in surgery for retinal detachment associated with proliferative vitreoretinopathy. *Cochrane Database Syst Rev*. 2020;5(5):CD006126. DOI: 10.1002/14651858.CD006126.pub4

5. Lyu J., Xia F., Zhao P. Intraoperative Perfluorocarbon Liquid Tamponade Technique for Treatment of Extensive Retinal Detachment Secondary to a Myopic Macular Hole. *Retina*. 2022;43:698–704. DOI: 10.1097/IAE.0000000000003429

6. Lin Q., Lim J., Xue K. et al. Polymeric hydrogels as a vitreous replacement strategy in the eye. *Biomaterials*. 2020;268:120547. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2020.120547

7. Schöneberger V., Li J.Q., Menghesha L. et al. Outcomes of short-versus long-acting gas tamponades in vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment. *Int J Retina Vitreous*. 2024;10(1):16. DOI: 10.1186/s40942-024-00530-y

8. Яблоков М.М., Фабрикантов О.Л., Яблокова Н.В. Силиконовая тампонада в хирургическом лечении регматогенной отслойки сетчатки. *Российский офтальмологический журнал*. 2022;15(4):173–177. DOI: 10.21516/2072-0076-2022-15-4-173-177

Yablokov M.M., Fabrikantov O.L., Yablokova N.V. Silicone oil tamponade in surgical treatment of rhegmatogenous retinal detachment. *Russian Ophthalmological Journal*. 2022;15(4):173–177 (in Russ.). DOI: 10.21516/2072-0076-2022-15-4-173-177

9. Steel D.H.W., Wong D., Sakamoto T. Silicone oils compared and found wanting. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2021;259(1):11–12. DOI: 10.1007/s00417-020-04810-9

10. Чупров А.Д., Фирсов А.С., Казеннов А.Н. и др. Химические свойства силиконового масла после тампонады витреальной полости (пилотное исследование). *Вестник Волгоградского государственного медицинского университета*. 2024;21(1):82–86. DOI: 10.19163/1994-9480-2024-21-1-82-86

Chuprov A.D., Firsov A.S., Kazennov A.N. Chemical properties of silicone oil after vitreal tamponade (pilot study). *Journal of Volgograd state medical university*. 2024;21(1):82–86 (in Russ.). DOI: 10.19163/1994-9480-2024-21-1-82-86

11. Тахчиди Х.П., Казайкин В.Н., Рапопорт А.А. Хирургическое лечение рецидивов отслойки сетчатки, возникших во время тампонады витреальной полости силиконовым маслом. *Офтальмохирургия*. 2005;3:20–24.

Takhchidi H.P., Kazaykin V.N., Rapoport A.A. Surgical treatment of recurrent retinal detachment that occurred during tamponade of the vitreal cavity with silicone oil. *Ophthalmosurgery*. 2005;3:20–24 (in Russ.).

12. Ташмухамедов А.А. Силиконовое масло: физические свойства и клиническое применение (обзор литературы). *The EYE ГЛАЗ*. 2020;22(4):42–49. DOI: 10.33791/2222-4408-2020-4-42-49

- Tashmukhamedov A.A. Silicone oil: physical properties and clinical use (a literature review). *The EYE GLAZ.* 2020;22(4):42–49 (in Russ.). DOI: 10.33791/2222-4408-2020-4-42-49
13. Valentín-Bravo F.J., García-Onrubia L., Andrés-Iglesias C. et al. Complications associated with the use of silicone oil in vitreoretinal surgery: A systemic review and meta-analysis. *Acta Ophthalmol.* 2022;100(4):e864–e880. DOI: 10.1111/aos.15055
14. Chen Y., Kearns V., Zhou L. et al. Silicone oil in vitreoretinal surgery: indications, complications, new developments and alternative long-term tamponade agents. *Acta Ophthalmologica.* 2021;99(3):240–250. DOI: 10.1111/aos.14604
15. Issa R., Xia T., Zarbin M.A. et al. Silicone oil removal: post-operative complications. *Eye (Lond.).* 2020;34(3):537–543. DOI: 10.1038/s41433-019-0551-7
16. Ni Y., Fang H., Zhang X. et al. Analysis of the causative factors related to earlier emulsification of silicone oil. *Int J Ophthalmol.* 2019;12(3):517–519. DOI: 10.18240/ijo.2019.03.25
17. Chan Y., Ng C., Knox P. et al. Emulsification of silicone oil and eye movements. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2011;52(13):9721–9727. DOI: 10.1167/iov.11-8586
18. Nakamura K., Refojo M., Crabrree D. Factors contributing to the emulsification of intraocular silicone and fluorosilicone oils. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1990;31(4):647–656. PMID: 1692310
19. Soós J., Resch M., Berkó S. et al. Comparison of hydrophilic ophthalmic media on silicone oil emulsification. *PLoS One.* 2020;15(6):e0235067. DOI: 10.1371/journal.pone.0235067
20. Bee J.S., Frey V.V., Javed U. et al. Characterization of the initial level and migration of silicone oil lubricant in empty prefilled syringes for biologics using infrared spectroscopy. *PDA J Pharm Sci Technol.* 2014;68(5):494–503. DOI: 10.5731/pdajpst.2014.00991
21. Фирсов А.С., Казакова Т.В., Маршинская О.В., Казеннов А.Н. Факторы, влияющие на эмульгирование силиконового масла в витреальной полости. Обзор литературы. *Современные технологии в офтальмологии.* 2023;5(51):71–74. DOI: 10.25276/2312-4911-2023-5-71-74
- Firsov A.S., Kazakova T.V., Marshinskaya O.V., Kazennov A.N. Factors affecting the silicone oil emulsification in the vitreous cavity. Literature review. *Modern technologies in ophthalmology.* 2023;5(51):71–74 (in Russ.). DOI: 10.25276/2312-4911-2023-5-71-74
22. Cobbs L.V., Soares R.R., Spirm M. et al. Premature emulsification of silicone oil after retinal detachment repair in the setting of high-intensity exercise. *Retin Cases Brief Rep.* 2024;18(4):486–487. DOI: 10.1097/ICB.0000000000001412
23. Zhao X.J., Tang N.N., Lian Y. et al. Analysis of the rates of emulsification in intraocular silicone oil tamponades of differing viscosities. *Int J Ophthalmol.* 2020;13(5):761–765. DOI: 10.18240/ijo.2020.05.10
24. Lakits A., Nennadal T., Scholda C. et al. Chemical stability of silicone oil in the human eye after prolonged clinical use. *Ophthalmology.* 1999;106(6):1091–1100. DOI: 10.1016/S0161-6420(99)90261-0
25. Нероев В.В., Зайцева О.В., Ушаков А.И. Влияние силиконового масла на анатомические и функциональные параметры сетчатки при хирургии регматогенной отслойки сетчатки. *Российский офтальмологический журнал.* 2024;17(2):142–147. DOI: 10.21516/2072-0076-2024-17-2-142-147
- Neroev V.V., Zaytseva O.V., Ushakov A.I. The effect of silicone oil on the anatomical and functional parameters of the retina during surgery of regmatogenic retinal detachment. *Russian Ophthalmological Journal.* 2024;17(2):142–147 (in Russ.). DOI: 10.21516/2072-0076-2024-17-2-142-147
26. Ratanapakorn T., Thongmee W., Meethongkam K. et al. Emulsification of Different Viscosity Silicone Oil in Complicated Retinal Detachment Surgery: A Randomized Double-Blinded Clinical Trial. *Clin Ophthalmol.* 2020;14:359–367. DOI: 10.2147/OPTH.S242804
27. Hammer M., Schickhardt S., Munro D. et al. Physicochemical Properties of Explant Silicone Oil After Use as an Intraocular Tamponade. *Transl Vis Sci Technol.* 2022;11(2):3. DOI: 10.1167/tvst.11.2.3
28. Yin X., Du L. The changes in physical properties of silicone oil after intraocular tamponade. *Chinese Journal of Ocular Fundus Diseases.* 2015;31:359–362.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Чупров Александр Дмитриевич — д.м.н., профессор, директор Оренбургского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 460047, Россия, г. Оренбург, ул. Салмышская, д. 17; заведующий кафедрой медико-биологической техники Оренбургского государственного университета; 460018, Россия, г. Оренбург, пр-т Победы, д. 13; ORCID iD 0000-0001-7011-4220

Летута Сергей Николаевич — д.физ.-мат.н., профессор, проректор по научной работе, профессор кафедры биофизики и физики конденсированного состояния Оренбургского государственного университета; 460018, Россия, г. Оренбург, пр-т Победы, д. 13; ORCID iD 0000-0003-3815-9335

Раздобреев Дмитрий Анатольевич — к.х.н., доцент кафедры биофизики и физики конденсированного состояния Оренбургского государственного университета; 460018, Россия, г. Оренбург, пр-т Победы, д. 13; ORCID iD 0000-0002-7749-0074

Фирсов Александр Сергеевич — заведующий офтальмологическим отделением Оренбургского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 460047, Россия, г. Оренбург, ул. Салмышская, д. 17; ORCID iD 0000-0001-5523-7927

Маршинская Ольга Владимировна — старший научный сотрудник Оренбургского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 460047, Россия, г. Оренбург, ул. Салмышская, д. 17; ORCID iD 0000-0002-5611-5128

Казакова Татьяна Витальевна — старший научный сотрудник Оренбургского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России; 460047, Россия, г. Оренбург, ул. Салмышская, д. 17; ORCID iD 0000-0003-3717-4533

Контактная информация: Казакова Татьяна Витальевна, e-mail: nauka@ofmntk.ru

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

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 09.12.2024.

Поступила после рецензирования 25.12.2024.

Принята в печать 20.01.2025.

ABOUT THE AUTHORS:

Alexander D. Chuprov — Dr. Sc. (Med.), Professor, Director of the Orenburg Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 17, Salmyskaya str., Orenburg, 460047, Russian Federation; Head of the Department of Biomedical Engineering, Orenburg State University; 13, Pobedy Av., Orenburg, 460018, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-7011-4220

Sergey N. Letuta — *Dr. Sc. (Phys.-Math.), Professor, Vice Rector for Research, Professor of the Department of Biophysics and Condensed Matter Physics, Orenburg State University; 13, Pobedy Av., Orenburg, 460018, Russian Federation; ORCID iD 0000-0003-3815-9335*

Dmitry A. Razdobreev — *C. Sc. (Chem.), Assistant Professor of the Department of Biophysics and Condensed Matter Physics, Orenburg State University; 13, Pobedy Av., Orenburg, 460018, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-7749-0074*

Alexander S. Firsov — *Head of the Ophthalmological Department, Orenburg Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 17, Salmyskaya str., Orenburg, 460047, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-5523-7927*

Olga V. Marshinskaia — *Senior Scientific Officer, Orenburg Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 17, Salmyskaya str., Orenburg, 460047, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-5611-5128*

Tatiana V. Kazakova — *Senior Scientific Officer, Orenburg Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; 17, Salmyskaya str., Orenburg, 460047, Russian Federation; ORCID iD 0000-0003-3717-4533*

Contact information: *Tatiana V. Kazakova, e-mail: nauka@ofmntk.ru*

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

There is no conflict of interest.

Received 09.12.2024.

Revised 25.12.2024.

Accepted 20.01.2025.

Правила оформления статей, представляемых к публикации в журнал «Клиническая офтальмология»

Журнал «Клиническая офтальмология» принимает к печати оригинальные статьи и обзоры по всем разделам офтальмологии, которые ранее не были опубликованы либо приняты для публикации в других печатных и/или электронных изданиях. Все материалы, поступившие в редакцию и соответствующие требованиям настоящих правил, подвергаются рецензированию. Статьи, одобренные рецензентами и редколлегией, печатаются на безвозмездной основе для авторов. На коммерческой основе в журнале помещаются информационные и/или рекламные материалы отечественных и зарубежных рекламодателей.

Последовательность оформления статьи следующая: титульный лист, резюме, текст, библиографический список, таблицы, иллюстрации, подписи к иллюстрациям.

Титульный лист:

1. Название статьи. В названии не допускается использование сокращений, аббревиатур, а также торговых (коммерческих) названий препаратов и медицинской аппаратуры.

2. Фамилии и инициалы авторов.

3. Официальное сокращенное название учреждения/учреждений, в котором выполнялась работа. Принадлежность авторов к конкретному учреждению должна быть обозначена соответствующей цифрой.

4. Фамилия, имя, отчество и полная контактная информация автора (номер телефона и адрес электронной почты), ответственного за связь с редакцией.

5. Сведения об авторах: Ф.И.О. полностью, ученая степень, ученое звание, должность, место работы, ORCID iD.

6. Источники финансирования в форме предоставления грантов, оборудования, лекарственных препаратов или всего перечисленного, а также сообщение о возможном конфликте интересов.

Информация, описанная в пп. 1–6, дублируется на английском языке. В английских названиях учреждений не следует указывать их полный государственный статус, опустив термины: федеральное учреждение, государственное, бюджетное, образовательное, лечебное, профилактическое, коммерческое и пр.).

Резюме должно содержать не менее 250 слов для оригинальных статей и не менее 150 слов для обзоров и быть структурированным, т. е. повторять заголовки рубрик статьи: цель, методы, результаты, заключение.

Резюме к обзору литературы не структурируется.

Ниже помещаются **ключевые слова** (около 10), способствующие индексированию статьи в информационно-поисковых системах. Акцент должен быть сделан на новые и важные аспекты исследования или наблюдений.

Резюме и ключевые слова полностью дублируются на английском языке. Переводу следует уделять особое внимание, поскольку именно по нему у зарубежных коллег создается общее мнение об уровне работы. Рекомендуется пользоваться услугами профессиональных переводчиков.

Текстовая часть статьи должна быть максимально простой и ясной, без длинных исторических введений, необоснованных повторов, неологизмов и научного жаргона. Для обозначения лекарственных средств нужно использовать международные непатентованные наименования; уточнить наименование лекарства можно на сайте заменить на <http://www.grls.rosminzdrav.ru>. При изложении материала рекомендуется придерживаться следующей схемы: а) введение и цель; б) материал и методы исследования; в) результаты; г) обсуждение; д) выводы/заключение; ж) литература. Для более четкой подачи информации в больших по объему статьях необходимо ввести разделы и подзаголовки внутри каждого раздела.

Все части рукописи должны быть напечатаны через 1,5 интервала, шрифт — Times New Roman, размер шрифта — 12, объем оригинальной статьи — до 10 страниц, обзора литературы — до 15 страниц. Подписи к рисункам, названия таблиц и обозначения на рисунках и таблицах должны быть продублированы на английском языке.

Список литературы необходимо размещать в конце текстовой части рукописи и оформлять согласно стилю Vancouver (NLM). Источники в списке литературы необходимо указывать строго в порядке цитирования и нумеровать в строгом соответствии с их нумерацией в тексте статьи. Ссылку в тексте рукописи, таблицах и рисунках на литературный источник приводят в виде номера в квадратных скобках (например, [5]). Русскоязычные источники должны приводиться не только на языке оригинала (русском), но и на английском. Англоязычные источники публикуются на языке оригинала.

В список литературы следует включать статьи, преимущественно опубликованные в последние 5–10 лет в реферируемых журналах, а также монографии и патенты. Рекомендуется избегать цитирования авторефератов диссертаций, методических руководств, работ из сборников трудов и тезисов конференций. Ссылки на анонимные источники, т.е. источники, не имеющие автора или редактора (приказы, отчеты НИР, нормативные акты, инструкции к лекарственным препаратам и т.п.) следует оформлять как сноски, не внося их в список литературы.

Пример оформления ссылки на статью:

Шкурников М.Ю., Нечаев И.Н., Хаустова Н.А. и др. Экспрессионный профиль воспалительной формы рака молочной железы. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2013;155(5):619–625 [Shkurnikov M.Y., Nechaev I.N., Khaustova N.A. et al. Expression profile of inflammatory breast cancer. Bulletin of Experimental Biology and Medicine. 2013;155(5):619–625 (in Russ.)].

За правильность представленных библиографических данных автор несет ответственность.

Автор должен сохранить копии всех материалов и документов, представленных в редакцию.

Статьи, оформленные не по правилам, не рассматриваются.

Материалы для публикации в электронном виде следует направлять на адрес: article@doctormedia.ru.

Rules for preparing article submitted for publication in “Russian Journal of Clinical Ophthalmology”

Russian Journal of Clinical Ophthalmology accepts original articles and reviews in Russian and English for all areas of ophthalmology that were not previously published or accepted for publication in other printed and/or electronic publications. All materials submitted to the editorial board and complying with the requirements of these guidelines are subject to review. Articles approved by the editors and the editorial board are printed on a fee-free basis for the authors. Information and/or promotional materials of domestic and foreign advertisers are published in the magazine on a commercial basis.

The scheme of the article is as follows: title page, abstract, text, references, tables, figures, figure captions.

Title page:

1. A title of the article. The title should not contain abbreviations, acronyms and trade (proper) names of drug products and medical equipment.

2. Last names and initials of authors.

3. Full name of an institution (s) hosting the study. Denote an author affiliation by an appropriate figure.

4. Full name and full contact information (telephone number and e-mail) of the author responsible for communication with the editorial office.

5. About the authors: full names, academic degree, academic rank, position, affiliation, and ORCID iD.

6. Funding sources (grants, equipment, drug products or all of the above). Also, please declare a potential conflict of interest.

The abstract should contain at least 250 words for original articles and at least 150 words for reviews and be structured, i.e., repeat the headings of the article: aim, methods, results, conclusion. The abstract to the literature review is not structured.

The keywords (about 10) are provided below the article, contributing to indexing the article in the information retrieval systems. The emphasis should be on new and important aspects of research or observations.

For articles in Russian the information described in Nos. 1–4 should be duplicated in English. The English names of institutions should not include their full state status, such as a federal institution, state, budgetary, educational, curative, preventive, commercial, etc.). Abstract and keywords, figure captions, table names and symbols in figures and tables should be duplicated in English. Special attention should be paid to translation, since it helps our foreign colleagues to create a general opinion about the article. It is recommended to use professional translation.

The text of the article should be simple and clear, without long historical introductions, unreasonable repetitions, neologisms and scientific jargon. To indicate the drugs the international nonproprietary names are needed. You can specify the name of the drug on the site <http://www.grls.rosminzdrav.ru>. It is recommended to adhere to the following scheme of presentation (not marking them in the text): a) the introduction and aim; b) material and methods; c) results; d) discussion e) conclusions; g) references.

For a more accurate presentation of information in large-volume articles, it is necessary to use sections and sub-headings within each section.

All parts of the manuscript should be printed in 1.5 intervals, font — Times New Roman, font size — 12, the volume of the original article — up to 10 pages, literature review — up to 15 pages. References should be placed at the end of the manuscript and printed in Vancouver style (NLM). Sources in the list of references must be strictly specified in the order of citing and numbered in strict accordance with their numbering in the text of the article. The reference in the text of the manuscript, tables and figures on the literary source should be presented in the form of numbers in square brackets (e.g., [5]). Russian sources should be cited not only in the original language (Russian), but also in English. English-language sources are published in the original language.

The list of references should include articles, mainly published in the last 5–10 years in refereed journals, monographs and patents. It is recommended to avoid theses, manuals, works from the collections of papers, proceedings of the conference. Links to anonymous sources (without author or editor), such as orders, research reports, regulations, instructions for medicines, etc. should be formatted as footnotes not including them to references.

For example:

Realini T., Gurka M.J., Weinreb R.N. Reproducibility of Central Corneal Thickness Measurements in Healthy and Glaucomatous Eyes. *J Glaucoma*. 2017;26(9):787–791. DOI: 10.1097/IJG.0000000000000738.

The author is solely responsible for the accuracy of the information contained in the list of references.

The author should keep a copy of all materials and documents submitted to the editorial office.

Articles drawn up without taking into account the above requirements are not considered.

Materials for publication in electronic form should be sent to: article@doctormedia.ru.

сайт
для практикующих
врачей

всегда на связи



www.rmj.ru



Реклама

Полные тексты статей
и рекомендации для практикующих врачей.

Сохраняйте заинтересовавшие вас материалы
в разделе «Избранное» после регистрации
в личном кабинете!