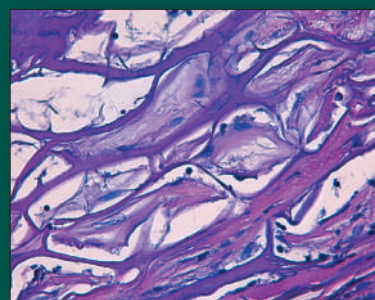
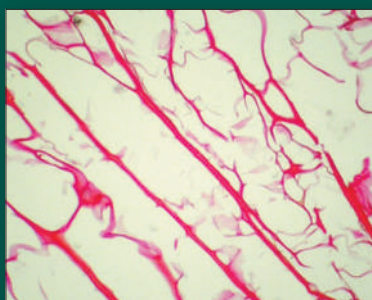


НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЖУРНАЛ ГЛАУКОМА

National Journal of Glaucoma

№ 1 / Том 23 / 2024



В НОМЕРЕ:

Результаты применения метода машинного обучения
в определении предикторов гипотензивной эффективности
ленсэктомии у больных с первичным закрытием угла
передней камеры

Характеристика морфометрических показателей передней
камеры у пациентов с рефрактерной глаукомой после
микроимпульсной ЦФК

Оценка возрастной динамики прироста толщины хрусталика

Топографические особенности формирования путей оттока
при глаукоме с применением губчатых аллодренажей



НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЕ ИЗДАНИЕ

Medical Research and Practice Journal

МИНИМАЛЬНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

САНТАБРИМ®

бримонидин 0,1%



Снижает ВГД в среднем на 24,6%¹



Обладает двойным механизмом контроля ВГД²:

- снижение образования внутриглазной жидкости;
- усиление оттока внутриглазной жидкости



Способствует сохранению поля зрения за счёт двойного нейтропротективного действия: прямого и непрямого^{3,5,6}



Обладает лучшей переносимостью по сравнению с бримонидином 0,15% и 0,2%^{1,4}



Наличие в составе гипромеллозы 5 мг/мл обеспечивает увлажнение глазной поверхности, способствует восстановлению стабильности и оптических характеристик слёзной пленки⁷⁻¹²

Не содержит
консервант
бензалкония
хлорид²



Отпускается по рецепту врача
РХ: ЛП-007042

1. Bhatti A., Singh G. Efficacy of three different formulations of brimonidine for control of intraocular pressure in primary open-angle glaucoma: A 6-week randomized trial. Oman journal of ophthalmology. 2018;11(2):140. 2. Инструкция по медицинскому применению препарат Сантабрим®. 3. Еричев В.П., Петров С.Ю. и др. Альфа-адреномиметики в контексте современных представлений о мониторинге и лечении глаукомы. Клиническая офтальмология. 2019;19(2):87-92. 4. Cantor L.B. et al. Safety and tolerability of brimonidine purite 0.1% and brimonidine purite 0.15%: a meta-analysis of two phase 3 studies. Current medical research and opinion. 2009;25(7):1615-1620. 5. Nitta K. et al. The Effect of Brimonidine 0.1% on Disc Hemorrhage in Primary Open-Angle Glaucoma Patients. Clinical Ophthalmology (Auckland, NZ). 2020;14:213. 6. Yokoyama Y. et al. Effects of brimonidine and timolol on the progression of visual field defects in open-angle glaucoma: a single-center randomized trial. Journal of glaucoma. 2019;28. 7. Li C.L., Martini L.G., Ford J.L., Roberts M. The use of hypromellose in oral drug delivery. J Pharm Pharmacol. 2005 May;57(5):533-46. 8. Al-Tabakha M.M. HPMC capsules: current status and future prospects. J Pharm Pharm Sci. 2010;13(3):428-42. 9. NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE. <https://dailymed.nlm.nih.gov/dailymed/.../97d6713b99>. 10. Guarve K., Kriplani P. HPMC — A Marvel Polymer for Pharmaceutical Industry Patent Review. Recent Adv. Drug Deliv. Formul. 2021;15(1):46-58. doi: 10. 2174/1872211314666210604120619. 11. Ueda K., Hate S.S., Taylor L.S. Impact of hypromellose acetate succinate grade on drug amorphous solubility and in vitro membrane transport. J. Pharm. Sci. 2020;109. 12. Contreras-Salinas H., Barajas-Hernandez M., Baiza-Duran L.M., et al. Real-Life active surveillance of a Naphazoline/Hypromellose fixed combination's safety profile in Peruvian population. Integr. Pharm. Res. Pract. 2021;10:127-33.



115432 МОСКВА, ПРОЕКТИРУЕМЫЙ 4062-Й ПРОЕЗД, Д. 6, СТР. 16, ЭТАЖ 4, КОМ. 12

WWW.SENTISS.RU. ТЕЛ.: +7 (495) 229-7663. E-MAIL: SENTISS@SENTISS.RU

ИМЕЮТСЯ ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ. НЕОБХОДИМО ОЗНАКОМИТЬСЯ С ИНСТРУКЦИЕЙ ПО ПРИМЕНЕНИЮ

ИНФОРМАЦИЯ ПРЕДНАЗНАЧЕНА ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ И ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ

«Национальный журнал глаукома»**Номер 1, том 23, 2024 год**Научно-практический журнал, издается с 2002 года.
4 выпуска в год.Журнал публикует статьи по различным исследованиям в области физиологии и патологии внутриглазного давления, а также сопутствующей офтальмопатологии.
ISSN 2078-4104 (print), ISSN 2311-6862 (online).Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).
Регистрационный номер ПИ ФСТ7-55297 от 04 сентября 2013 г.

Учредитель: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт глазных болезней» Российской академии медицинских наук (119021, Москва г., ул. Россолимо, д. 11, к. А, Б).

Журнал включен в Перечень ВАК Российской Федерации и в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

Главный редактор Профессор Еричев В.П.**Заместитель главного редактора**

К.м.н. Антонов А.А.

Ответственный секретарь Михалев А.А.**Члены редколлегии**

Академик РАН, профессор Аветисов С.Э. (Москва)

Профессор Алексеев И.Б. (Москва)

Профессор Алиев А.Г.-Д. (Махачкала)

Профессор Алексеев В.Н. (С.-Петербург)

Член-корр. КазНАН, профессор Ботабекова Т.К. (Казахстан)

Доцент Брежнев А.Ю. (Курск)

Профессор Бржецкий В.В. (С.-Петербург)

Академик НАМН, профессор Веселовская З.Ф. (Украина)

Профессор Денис Ф. (Франция)

Профессор Егоров Е.А. (Москва)

Профессор Касимов Э.М. оглы (Азербайджан)

Профессор Куроедов А.В. (Москва)

Профессор Курышева Н.И. (Москва)

Профессор Лебедев О.И. (Омск)

Д.м.н. Лоскутов И.А. (Москва)

Академик РАН, профессор Мошетова Л.К. (Москва)

Член-корр. НАМН, профессор Пасечникова Н.В. (Украина)

Профессор Пинто Л.А. (Португалия)

Профессор Страхов В.В. (Ярославль)

Профессор Тигесен Д. (Дания)

Профессор Фламер Дж. (Швейцария)

Профессор Холло Г. (Венгрия)

Приват-доцент Шаарави Т. (Швейцария)

Литературный редактор К.м.н. Волжанин А.В.**Перевод** Михалев А.А.

С предложениями о размещении рекламы звонить по телефону: +7 (917) 541-70-73.

Все рекламные материалы публикуются в соответствии с рекламной политикой журнала.

Охраняется законом РФ №5351-1 «Об авторском праве и смежных правах» от 9 июля 1993 года.

Контент распространяется под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

Дата выхода журнала: март 2024.

Тираж 1000 экз.

Журнал изготовлен в ООО «Издательство «Апрель».

© «Национальный журнал глаукома», 2024

Адрес редакции:

ФГБНУ «НИИГБ им. М.М. Краснова»

119021, Москва, ул. Россолимо, д. 11

Тел.: +7 (916) 113-34-11. E-mail: v.erichev@yandex.ru

http://www.glaucomagjournal.ru

Адрес издательства:

ООО «Издательство «Апрель»

107023 Москва, площадь Журавлева, д. 10, оф. 212.

Тел.: 8 (495) 640-32-24. E-mail: aprilpublish@mail.ru

Отпечатано в типографии ООО «Служба печати».

107023, г. Москва, пл. Журавлева, дом 10, оф. 12.

Оригинальные статьи

Курышева Н.И., Померанцев А.Л., Родионова О.Е., Шарова Г.А.

Результаты применения метода машинного обучения в определении предикторов гипотензивной эффективности ленсэктомии у больных с первичным закрытием угла передней камеры 3

Иошин И.Э., Максимов И.В., Березенко Е.А.

Характеристика морфометрических показателей передней камеры у пациентов с рефрактерной глаукомой после микроимпульсной ЦФК 13

Корнилаева Г.Г., Мусина Л.А., Корнилаева М.П., Шангина О.Р.

Топографические особенности формирования путей оттока при глаукоме с применением губчатых дренажей 22

Алексеев И.Б., Берлова В.А., Купцова В.А., Алексеева Л.И.

Возможности фиксированной комбинации бримонидина и тимолола в достижении безопасного уровня внутриглазного давления после микроимпульсной лазерной циклофотокоагуции 29

Коленко О.В., Сорокин Е.Л., Пашенцев Я.Е., Самохвалов Н.В.

Возрастная динамика прироста толщины хрусталика и изменений профиля угла передней камеры у пациентов с осевой гиперметропией средней и высокой степеней 36

Теуважукова Д.А., Арутюнян Л.Л., Тлупова Т.Г.

Влияние освещенности тестов на показатели остроты зрения у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой и возрастной макулярной дегенерацией 44

Старостина А.В., Головин А.В., Бурлаков К.С., Шолохова В.Р.,

Таеверс М.Р., Трошина А.А.

Хирургическое лечение вторичной глаукомы на фоне коморбидной патологии с последующей сквозной кератопластикой (клиническое наблюдение) 51

Обзоры литературы

Симакова И.Л., Григорян Л.А., Горбачева К.С.

Современные возможности функционального скрининга глаукомы (часть 2) 58

Макогон С.И., Иванова Д.И.

Взаимосвязь метаболического синдрома и его коррекции с развитием и прогрессированием глаукомы 65

Гусаревич А.А., Куроедов А.В., Брежнев А.Ю.

Направления в хирургическом лечении глаукомы последних десятилетий 75

Ивачев Е.А.

Причины прогрессирования катаракты у пациентов с глаукомой (сообщение 1) 88

Расческов А.Ю., Лоскутов И.А., Корнеева А.В.

Клапанная дренажная система Ahmed в хирургии глаукомы 96

Память

Алексеев Владимир Николаевич 112

Фото на обложке:

Губчатый аллодренаж: 1 — гистологическая структура, окраска по Ван-Гизону, увел. ×100;

2 — часть дренажа в просвете УПК, окраска гематоксилином и эозином, увел. ×100;

3 — эндотелий, выстилающий ячейки, окраска гематоксилином и эозином, увел. ×200.

«National Journal of Glaucoma»

«Natsional'nyi zhurnal glaukoma»

No. 1, Vol. 23, 2024

Medical research and practice journal, published quarterly since 2002.

The journal publishes articles concerning research on physiological and pathological aspects of intraocular pressure and associated ophthalmic pathology. ISSN 2078-4104 (print), ISSN 2311-6862 (online).

Registered in the Federal Service for monitoring communications, information technology and mass communications (Roskomnadzor) under the number «ПИ ФС77-55297», 04.09.2013.

Founder: Federal State Budgetary Institution "Research Institute of Eye Diseases" of Russian Academy of Medical Sciences (119021, Moscow, Rossolimo str., 11, bld. A, B)

The journal is included in the Higher Attestation Commission (HAC) list of periodicals and Russia's Scientific Electronic Library database.

Editor-in-chief Valeriy P. Erichev – Professor**Assisting Editor** Alexey A. Antonov – Candidate of Medical Sciences**Executive Secretary** Alexey A. Mikhalev**Editorial board:**

Sergey E. Avetisov – Member of the Russian Academy of Sciences, Professor (Moscow)

Igor B. Alekseev – Professor (Moscow)

Abdul-Gamid D. Aliev – Professor (Makhachkala)

Vladimir N. Alekseev – Professor (St. Petersburg)

Turgunsul K. Botabekova – Corresponding Member of the Kazakhstan Academy of Sciences, Professor (Kazakhstan)

Andrey Yu. Brezhnev – Associate Professor (Kursk)

Vladimir V. Brzheshkiy – Professor (St. Petersburg)

Zoya F. Veselovskaya – Member of the National Academy of Medical Sciences, Professor (Ukraine)

Philippe Denis – Professor (France)

Evgeny A. Egorov – Professor (Moscow)

Rasim M. oğlu Qasimov – Professor (Azerbaijan)

Alexandr V. Kuroedov – Professor (Moscow)

Natalia I. Kuryшева – Professor (Moscow)

Oleg I. Lebedev – Professor (Omsk)

Igor A. Loskutov – Doctor of Medical Sciences (Moscow)

Larisa K. Moshetova – Member of the Russian Academy of Sciences, Professor (Moscow)

Natalia V. Pasechnikova – Corresponding Member of the National Academy of Medical Sciences, Professor (Ukraine)

Luis Abegao Pinto – Professor (Portugal)

Vladimir V. Strakhov – Professor (Yaroslavl)

John Thygesen – Professor (Denmark)

Josef Flammer – Professor (Switzerland)

Gábor Holló – Professor (Hungary)

Tarek Shaarawy – Privat Docent (Switzerland)

Literary Editor Andrey V. Volzhanin – Candidate of Medical Sciences**Translation by** Alexey A. Mikhalev

Tel. for advertising proposals: +7 (917) 541-70-73.

All advertising materials are published in accordance with the advertising policy.

Protected by the Russian Federal Law RF №5351-1

"On author and Related Rights" dated July 9, 1993.

Content is distributed under Creative Commons

Attribution 4.0 License.

Printed in March 2024.

Circulation 1000 copies.

Published by OOO Izdatel'stvo Aprel.

© «Natsional'nyi zhurnal glaukoma», 2024

Editorial Office:

FSBIS "Krasnov Research Institute of Eye Diseases"

119021, Moscow, 11A Rossolimo str.

Tel.: +7 (916) 113-34-11. E-mail: v.erichev@yandex.ru

https://glaucomajournal.ru/en/

Publisher:

OOO Izdatel'stvo Aprel

107023, Moscow, 10 Zhuravleva square, office 212.

Tel.: +7 (495) 640-32-24. E-mail: aprilpublish@mail.ru

Printed by OOO Sluzhba pechati.

107023, Moscow, 10 Zhuravleva square, office 12.

Original articles

Kuryшева N.I., Pomerantsev A.L., Rodionova O.Ye., Sharova G.A.

The results of using the machine learning method to determine the predictors of hypotensive effectiveness of lens extraction in patients with primary angle closure 3

Ioshin I.E., Maksimov I.V., Berezenko E.A.

Morphometric analysis of the anterior chamber in patients with refractory glaucoma after micropulse transscleral cyclophotocoagulation 13

Kornilova G.G., Musina L.A., Kornilova M.P., Shangina O.R.

Topographical features of the formation of outflow tracts with the use of spongy allo-drainages in glaucoma 22

Alekseev I.B., Berlova V.A., Kuptsova V.A., Alekseeva L.I.

The potential of a fixed combination of brimonidine and timolol in achieving safe intraocular pressure levels after micropulse laser cyclophotocoagulation 29

Kolenko O.V., Sorokin E.L., Pashentsev Ia.E., Samokhvalov N.V.

Age-related increase in lens thickness and changes in the profile of anterior chamber angle in patients with moderate and high axial hyperopia 36

Teuvazhukova D.A., Arutyunyan L.L., Tlupova T.G.

The influence of test illuminance on visual acuity in patients with primary open-angle glaucoma and age-related macular degeneration 44

Starostina A.V., Golovin A.V., Burlakov K.S., Sholokhova V.R.,

Taevere M.R., Troshina A.A.

Surgical treatment of secondary glaucoma in comorbid pathology with subsequent penetrating keratoplasty (case study) 51

Literature reviews

Simakova I.L., Grigoryan L.A., Gorbacheva K.S.

Modern possibilities of functional glaucoma screening (part 2) 58

Makogon S.I., Ivanova D.I.

The relationship of the metabolic syndrome and its correction with the development and progression of glaucoma 65

Gusarevich A.A., Kuroyedov A.V., Brezhnev A.Y.

Trends in the surgical treatment of glaucoma in recent decades 75

Ivachev E.A.

Causes of cataract progression in glaucoma patients (report 1) 88

Rascheskov A.Yu., Loskoutov I.A., Korneeva A.V.

Ahmed glaucoma valve implantation in glaucoma surgery 96

Obituary

In memory of Professor V.N. Alekseev 112

Cover photos:

Spongy allograft: 1 — histological structure, Van Gieson's stain, magn. ×100;

2 — part of the graft in the lumen of the ACA, hematoxylin and eosin stain, magn. ×100;

3 — endothelial cells lining the walls of graft, hematoxylin and eosin stain, magn. ×200.

Результаты применения метода машинного обучения в определении предикторов гипотензивной эффективности ленсэктомии у больных с первичным закрытием угла передней камеры

КУРЫШЕВА Н.И., д.м.н., профессор, заведующая кафедрой глазных болезней¹,
руководитель консультативно-диагностического отдела²; <https://orcid.org/0000-0002-2265-6671>

ПОМЕРАНЦЕВ А.Л., д.ф.-м.н., главный научный сотрудник³; <https://orcid.org/0000-0001-7402-4011>

РОДИОНОВА О.Е., д.ф.-м.н., главный научный сотрудник³; <https://orcid.org/0000-0002-0146-8284>

ШАРОВА Г.А., к.м.н., ассистент кафедры глазных болезней¹, заведующая диагностическим
офтальмологическим отделением⁴. <https://orcid.org/0000-0002-7163-4858>

¹Медико-биологический университет инноваций и непрерывного образования ФГБУ ГНЦ РФ «Федеральный биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, 123098, Российская Федерация, Москва, ул. Живописная, 46, к. 8;

²Консультативно-диагностический отдел Центра офтальмологии ФМБА России, ФГБУ ГНЦ РФ «ФМБЦ им. А.И. Бурназяна» ФМБА, 123098, Российская Федерация, Москва, ул. Гамалеи, 15;

³ФГБУН «Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н. Семенова» Российской академии наук, Российская Федерация, Москва, ул. Косыгина, 4;

⁴ООО «Глазная клиника доктора Беликовой», 105118, Российская Федерация, Москва, пр. Буденного, 26, к. 2.

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

Конфликт интересов: отсутствует.

Для цитирования: Курышева Н.И., Померанцев А.Л., Родионова О.Е., Шарова Г.А. Результаты применения метода машинного обучения в определении предикторов гипотензивной эффективности ленсэктомии у больных с первичным закрытием угла передней камеры. *Национальный журнал глаукома*. 2024; 23(1):3-11.

Резюме

ЦЕЛЬ. Определить предикторы гипотензивной эффективности ленсэктомии (ЛЭ) с имплантацией интраокулярной линзы у больных с первичным закрытием угла (ПЗУ) передней камеры, используя метод машинного обучения.

МЕТОДЫ. Проспективное исследование включало 30 пациентов в возрасте от 41 до 80 лет с ПЗУ, которым выполнена ЛЭ. Срок наблюдения составил 1 месяц. Всем обследуемым проведена оптическая когерентная томография Swept Source (SS-OCT). Анализировали 37 параметров, в том числе: сферозэквивалент (СЭ), максимальную корректируемую остроту зрения (МКОЗ), внутриглазное давление (ВГД), степень открытия угла по Shaffer, прозрачность хрусталика, толщину хориоидеи в макуле, длину передне-задней оси (ПЗО), глубину

передней камеры (ГПК), высоту свода хрусталика (LV), кривизну (ICurv) и толщину (IT750) радужки, дистанцию открытия угла передней камеры (AOD), площадь иридо-трабекулярного пространства (TISA). В качестве успеха лечения принята величина снижения ВГД (ΔВГД) после вмешательства. Наряду с описательной статистикой использовали методы машинного обучения на основе многомерного статистического анализа данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ. После лечения ВГД снизилось с $25,5 \pm 2,3$ мм рт.ст. до $17,2 \pm 1,19$ мм рт.ст. ($p=0,000$) на фоне статистически значимого снижения количества местных гипотензивных препаратов (с $0,63 \pm 0,49$ до $0,07 \pm 0,25$, $p=0,001$). Предикторами ΔВГД были: пожилой возраст (B -коэффициент=0,235), мужской пол ($B=-0,243$), наличие начальной катаракты ($B=0,274$), низкая МКОЗ ($B=-0,06$),

Для контактов:

Шарова Галина Аркадьевна, e-mail: galina.shar@mail.ru

высокие значения предоперационного ВГД ($B=0,267$), СЭ ($B=0,437$), LV ($B=0,237$) и ICurv ($B=0,260$ в назальном и $0,232$ в темпоральном секторах соответственно), а также низкие значения IT750 ($B=-0,142$ и $-0,146$ в аналогичных секторах соответственно), ГПК ($B=-0,367$), ПЗО ($B=-0,487$), параметров профиля угла передней камеры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Предикторами гипотензивного эффекта ЛЭ, выявленными с помощью метода машинного

обучения, являются пожилой возраст, мужской пол, высокие исходное ВГД, СЭ, LV, начальная катаракта, крутая и тонкая радужка, мелкая передняя камера, малые ГПК и ПЗО и узкий профиль угла передней камеры.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: первичное закрытие угла передней камеры, SS-OCT, оптическая когерентная томография переднего отрезка (AS-OCT), ленсэктомия, методы машинного обучения, PLS-регрессия.

ORIGINAL ARTICLE

The results of using the machine learning method to determine the predictors of hypotensive effectiveness of lens extraction in patients with primary angle closure

KURYSHEVA N.I., Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Academic Department of Ophthalmology¹, Head of the Consultative and Diagnostic Department²; <https://orcid.org/0000-0002-2265-6671>

POMERANTSEV A.L., Dr. Sci. (Phys. and Math)., principal researcher³; <https://orcid.org/0000-0001-7402-4011>

RODIONOVA O.YE., Dr. Sci. (Phys. and Math)., principal researcher³; <https://orcid.org/0000-0002-0146-8284>

SHAROVA G.A., Cand. Sci. (Med.), Assistant Professor at the Academic Department of Ophthalmology¹, Head of the Diagnostic Ophthalmology Department⁴. <https://orcid.org/0000-0002-7163-4858>

¹Medical Biological University of Innovations and Continuing Education of the State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, 46-8 Zhivopisnaya St., Moscow, Russian Federation, 123098;

²Ophthalmological Center of the State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, 15 Gamalei St., Moscow, Russian Federation, 123098;

³N.N. Semenov Federal Research Center for Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, 4 Kosygina St., Moscow, Russian Federation, 119991;

⁴OOO Glaznaya Klinika Doktora Belikovoy, 26/2 Budenny Av., Moscow, Russian Federation, 105118.

Funding: the authors received no specific funding for this work.

Conflicts of Interest: none declared.

For citations: Kuryшева N.I., Pomerantsev A.L., Rodionova O.Ye., Sharova G.A. The results of using the machine learning method to determine the predictors of hypotensive effectiveness of lens extraction in patients with primary angle closure. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma*. 2024; 23(1):3-11.

Abstract

PURPOSE. To determine the predictors of hypotensive effectiveness of lens extraction (LE) with intraocular lens implantation in patients with primary angle closure (PAC) using machine learning.

METHODS. This prospective study included 30 patients with PAC, aged 41 to 80 years, who underwent LE. The observation period lasted 1 month. All subjects underwent swept source optical coherence tomography (SS-OCT). Thirty-seven parameters were analyzed in total, including spherical equivalent (SE), corrected distance visual acuity (CDVA), intraocular pressure (IOP), Shaffer angle opening degree, lens opacity, choroidal thickness in the macula, axis length (AL), anterior chamber depth (ACD), lens vault (LV), iris curvature (ICurv) and thickness (IT750), anterior chamber angle opening distance (AOD), trabecular-iris space area (TISA). The difference in intraocular pressure (Δ IOP) after the intervention relative to the baseline was used as the criterion for treatment success. Machine learning based on multivariate statistical data analysis was used along with standard methods of descriptive statistics.

RESULTS. After treatment, IOP decreased from 25.5 ± 2.3 mm Hg up to 17.2 ± 1.19 mm Hg ($p=0.000$) while the number of local hypotensive drugs statistically significantly decreased (from 0.63 ± 0.49 to 0.07 ± 0.25 , $p=0.001$). Predictors of Δ IOP were: advanced age (B -coefficient= 0.235), male gender ($B=-0.243$), presence of early cataract ($B=0.274$), low CDVA ($B=-0.06$), high values of preoperative IOP ($B=0.267$), SE ($B=0.437$), LV ($B=0.237$) and ICurv ($B=0.260$ in the nasal and 0.232 in the temporal sectors, respectively), as well as low values of IT750 ($B=-0.142$ and -0.146 in the same sectors, respectively), ACD ($B=-0.367$), AL ($B=-0.487$), anterior chamber angle profile parameters.

CONCLUSION. Machine learning was used to determine the following predictors of the hypotensive effect of LE: advanced age, male gender, high initial IOP, spherical equivalent and lens vault, the presence of early cataract, steep and thin iris, shallow anterior chamber, short axis length and narrow anterior chamber angle.

KEYWORDS: primary angle closure, swept source optical coherence tomography, SS-OCT, optical coherence tomography the anterior segment, AS-OCT, lens extraction, lens-ectomy, machine learning, partial least squares regression.

Первичная закрытоугольная глаукома (ПЗУГ) является одной из ведущих причин необратимой слепоты с тенденцией к увеличению количества больных до 32 млн к 2040 году [1]. Традиционно на начальных стадиях заболевания первичного закрытия угла (ЗПЗУ), включающих первичное закрытие угла (ПЗУ) и подозрение на него (ППЗУ) [2, 3] успешно применяется периферическая лазерная иридотомия (ПЛИТ). Однако это далеко не всегда предотвращает переход ПЗУ в ПЗУГ [4]. В последние годы появились данные о более высокой эффективности лечения ПЗУ и ПЗУГ методом ленсэктомии (ЛЭ), включая экстракцию прозрачного хрусталика [5, 6]. Тем не менее, ЛЭ сопряжена с более высоким риском осложнений, поэтому важно понимать, при каких исходных клинико-анатомических параметрах пациента данный метод лечения будет наиболее эффективен. Для ответа на вопрос необходим поиск предикторов успеха ЛЭ. С появлением оптической когерентной томографии (ОКТ) переднего (AS-OCT) и заднего отрезков глаза диапазон параметров, рассматриваемых исследователями в качестве потенциальных предикторов эффективности лечения ЗПЗУ, расширился [7–9]. Данные литературы на этот счет носят неоднозначный характер [10] по причине значительного количества оцениваемых параметров-предикторов, имеющих высокую корреляцию друг с другом, что делает проблематичным их сравнение в одном исследовании. Однако анализ совокупности клинико-анатомических параметров возможен благодаря использованию методов машинного обучения, а именно, проекционных методов многомерного статистического анализа, учитывающих одновременно все имеющиеся переменные для оценки прогноза лечения [11–15].

Цель работы: определить предикторы гипотензивной эффективности ЛЭ с имплантацией ИОЛ у больных с ПЗУ, используя метод машинного обучения.

Материалы и методы

Исследование выполнено в соответствии с этическими принципами, заложенными Хельсинкской Декларацией и отраженными в правилах качественной клинической практики (GCP) и нормативных требованиях. Обследование включило в себя 39 пациентов европеоидной расы в возрасте от 41 до 80 лет, обследованных с января 2019 по декабрь 2021 год.

Критерии включения: пациенты с ПЗУ с ВГД до 30 мм рт.ст. Диагноз ПЗУ устанавливался на основании иридоотрабекулярного контакта (ИТК) более 180° без признаков глаукомной оптической нейропатии (ГОН), но в сочетании с повышенным ВГД и/или периферическими передними гониосинехиями [16]. В исследование включались пациенты с прозрачным хрусталиком, либо с начальными

помутнениями согласно классификации LOCS III (Lens Opacities Classification System) в ядре до NC2 (Nuclear Color/ Opalescence) и/или в кортексе до C2 (Cortical) и/или вдоль задней капсулы до P2 (Posterior Subcapsular) на основании данных биомикроскопии [17].

Критерии исключения: рефракция высоких степеней, недостаточно прозрачные оптические среды глаза, отсутствие устойчивой фиксации, медикаментозный миоз, хирургические операции на органе зрения в анамнезе, включая лазерные, наличие хронических системных аутоиммунных и нейродегенеративных заболеваний, сахарного диабета. Мы не включали в исследование пациентов с диаметром зрачка менее 3,0 мм в мезопических условиях по данным оптической биометрии (AL-Scan, NIDEK, Japan), а также пациентов, использующих лекарственные препараты, вызывающие сужение зрачка.

Всем пациентам выполнено: авторефрактометрия (авторефрактометр RT-5100 «NIDEK», Япония), визометрия (проектор знаков CP-770 «NIDEK», Япония), тонометрия (Оcular Response Analyzer, ORA, «Reichert», США), гониоскопия (гониолинза VG4LNF «VOLK», США), оптическая биометрия (AL-Scan, «NIDEK», Япония), статическая автоматическая периметрия (САП) (Humphrey Field Analyzer HFA-II 750i, «CarlZeiss», Германия, программа SITA Standard 24-2), биомикроскопия (щелевая лампа SL 1800 «NIDEK», Япония), офтальмоскопия (бесконтактная линза 90D «Volk Optical», США), ОКТ с технологией Swept Source (SS-OCT) заднего и переднего отрезка (Revo NX130 «Optopol», Польша). Исследования проведены до и через 4 недели после ЛЭ.

Измерение роговично-компенсированного ВГД проводилось в один и тот же временной период: с 10:00 до 12:00. Гониоскопия выполнялась в темной комнате при взгляде пациента прямо, во всех квадрантах оценивалась степень открытия угла передней камеры (УПК) по Shaffer. Для оценки наличия периферических передних гониосинехий выполнялась гониоскопия с компрессией. Определение наличия/отсутствия ГОН осуществлялось на основе данных САП, SS-OCT и офтальмоскопии.

Исследуемые параметры передней камеры включали: глубину передней камеры (ГПК), высоту свода хрусталика (Lens Vault, LV), кривизну радужной оболочки (Iris Curvature, ICurv), толщину радужки в 750 мкм от склеральной шпоры (Iris Thickness, IT750), дистанцию открытия УПК в 500 мкм от склеральной шпоры (AOD500), дистанцию открытия УПК в 750 мкм от склеральной шпоры (AOD750), площадь иридоотрабекулярного пространства (TISA500 и TISA750) на соответствующих дистанциях.

Исследование толщины хориоидеи (ТХ) в макуле выполнено в режиме одиночного вертикального и горизонтального сканов шириной 12 мм с центрированием в фовеа. ТХ измерялась в 13 точках в зоне 6×6 мм по описанной нами ранее методике [18].

Пациентам, получавшим гипотензивное лечение в группе ПЗУ, перед проведением SS-ОСТ было рекомендовано за неделю до планируемого обследования отказаться от закапывания гипотензивных препаратов (эффект «вымывания»).

ЛЭ с имплантацией однофокальной либо мультифокальной ИОЛ выполнялась в соответствии с рефракцией цели для достижения оптимального анатомо-реконструктивного эффекта.

Величина снижения ВГД после вмешательства относительно исходного (Δ ВГД) принята за критерий успеха лечения.

Методы машинного обучения и статистической обработки

В настоящем исследовании использован метод машинного обучения PLS-регрессия (Partial Least Squares regression) [12], который является современным методом регрессионного анализа и позволяет установить взаимосвязь между матрицей независимых переменных/предикторов X и вектором откликов Y . В основе лежит метод проекции на латентные структуры (Projection on Latent Structures PLS), который позволяет провести разложение матриц X и Y согласованно:

$$X = TP^t + E \quad Y = UQ^t + F \quad T = XW(PtW)^{-1}$$

чтобы максимизировать корреляцию между соответствующими векторами X счетов t_a и Y счетов u_a . Модель PLS-регрессии имеет вид:

$Y_{hat} = XB$, где $B = W(PtW)^{-1}Q$ — регрессионные коэффициенты, а Y_{hat} — это значения откликов, как для обучающего, так и для проверочного (нового) набора в зависимости от числа латентных переменных (LVs).

Точность предсказания зависит от сложности модели, т.е. от A — числа латентных переменных, и оценивается с помощью среднеквадратичной ошибки:

$$RMSE(A) = \sqrt{\frac{1}{I} \sum_{i=1}^I (y_i - \hat{y}_i(A))^2} \quad (1)$$

отдельно для обучающего набора RMSEC и проверочного (RMSEP) набора [13].

Отбор переменных производился стандартным способом [14], в котором важность переменной определялась по изменению величин RMSEC и RMSEP до и после удаления исследуемой переменной. Если обе величины среднеквадратичной ошибки изменялись незначительно (критерий Фишера, $p=0,05$), то эта переменная удалялась, иначе — сохранялась [15].

Зависимые группы с ненормальным распределением сравнивались с помощью непараметрического критерия Вилкоксона (Wilcoxon's signed-rank test). Статистическая обработка полученных результатов проводилась с использованием стандартного пакета программ статистического анализа «IBM SPSS Statistics» for Windows, version 26.0. Armonk, NY: IBM Corp. Показатели со значением $p\text{-value} < 0,05$ считались статистически значимыми.

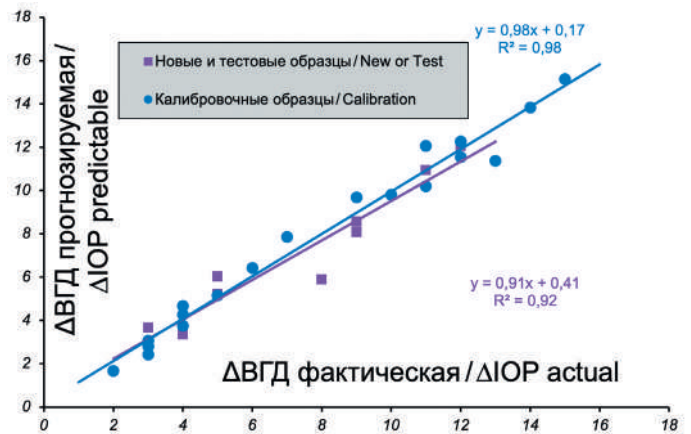


Рис. 1. Регрессионная модель изменения внутриглазного давления после лентэктомии.

Fig. 1. Regression model of changes in intraocular pressure after lens extraction.

Результаты

Из 39 пациентов 9 были исключены из исследования (4 по причине невозможности идентификации склеральной шпоры на AS-OCT, а 5 больных не смогли приехать на осмотр в срок 4 недели после лечения). В анализ включены 30 глаз 30 пациентов, которым была проведена ЛЭ. Средний возраст участников составил $64,1 \pm 11,4$ года, из них 11 мужчин и 19 женщин. У 14 пациентов отмечалась начальная возрастная катаракта. Подробная характеристика участников исследования до и после лечения представлена в таблице.

Интраоперационных и постоперационных осложнений не наблюдалось.

После лечения отмечалась значительная разница в величине ВГД количестве используемых местных гипотензивных препаратов (таблица).

Построение моделей прогнозирования Δ ВГД

С помощью PLS-регрессии построена модель прогнозирования величины Δ ВГД, регрессионный отклик Y , на основе независимых переменных, предикторов X .

Для прогнозирования результата лечения в качестве предикторов использовались 37 показателей до лечения, представленных в таблице, а также возраст, пол и ТХ не только в фовеоле, но и в 12 точках макулы. В качестве отклика использовали Δ ВГД. Для построения и валидации пациенты распределены на две части. Показатели 21 больного использовались для построения модели (т.е. вычисление коэффициентов (B)) и 9 пациентов для валидации (тестовые совокупности параметров пациентов, не участвующие в построении регрессии и имитирующие новые совокупности параметров, но с известным результатом). Непосредственные вычисления показали, что без потери точности прогнозирования, число предикторов можно сократить с 37 до 23.

Таблица. Параметры до и после лечения при первичном закрытии угла.
Table. Parameters of patients with in primary angle closure before and after treatment.

Параметры / Parameters	до ЛЭ / pre-LE (n=30)	p-value*	после ЛЭ / post-LE (n=30)
СЭ, дптр / Spherical equivalent, SE, D	1,53±1,38	0,000	-0,07±0,16
НКОЗ / Uncorrected Distance Visual Acuity	0,17±0,17	0,000	0,95±0,08
МКОЗ / Best-corrected Distance Visual Acuity	0,89 0,18	0,003	0,98±0,05
Среднее количество гипотензивных препаратов Average number of hypotensive drugs	0,63±0,49	0,000	0,07±0,25
ВГДрк, мм рт.ст. / IOPcc, mm Hg	25,5±2,3	0,000	17,2±1,19
УПК по Shaffer_90° / Shaffer grade of angle opening at 90°	0,61±0,52	0,000	2,93±0,25
УПК по Shaffer_270° / Shaffer grade of angle opening at 270°	0,72±0,49	0,000	3,0±0,37
Гониосинехии / Peripheral anterior synechiae	16% (5)	–	3% (1)
ГПК, мм / Anterior chamber depth, mm	2,33±0,26	0,000	3,63±0,19
ПЗО, мм / Axial length, mm	22,04±0,77	–	–
LV, мм / Lens vault, mm	0,86±0,15	–	–
ICurv_N, мм / Iris curvature in the nasal sector, mm	0,31±0,08	0,000	0,16±0,40
ICurv_T, мм / Iris curvature in the temporal sector, mm	0,3±0,08	0,000	0,16±0,03
IT750_N, мм / Iris thickness in the nasal sector, mm	0,40±0,04	0,000	0,40±0,05
IT750_T, мм / Iris thickness in the temporal sector, mm	0,40±0,04	0,000	0,39±0,05
AOD500_90°, мм/мм	0,06±0,01	0,000	0,33±0,06
AOD750_90° мм/мм	0,11±0,04	0,000	0,50±0,07
TISA500_90°, мм²/мм²	0,02±0,01	0,000	0,12±0,02
TISA750_90°, мм²/мм²	0,04±0,01	0,000	0,22±0,03
AOD500_270°, мм/мм	0,07±0,03	0,000	0,36±0,06
AOD750_270°, мм/мм	0,13±0,06	0,000	0,54±0,09
TISA500_270°, мм²/мм²	0,02±0,00	0,000	0,13±0,02
TISA750_270°, мм²/мм²	0,05±0,02	0,000	0,24±0,04
TX в фовеоле / SFCT, мкм/μm	341±59	0,000	345±57

Примечание: приведены средние значения и стандартное отклонение; * — значение p между параметрами до и после ЛЭ по Вилкоксона для зависимых выборок; в скобках дано абсолютное значение глаз; значения p<0,05 отмечены жирным шрифтом.

Note: the table shows the mean values and standard deviation; * — p-value between pre-LE and post-LE according to Wilcoxon criteria for dependent sample; the absolute value of the eyes is given in parentheses; p-values lower than 0.05 are indicated in bold.

Исключено 14 параметров: НКОЗ и TX в 13 точках в макуле. В результате удалось получить достаточно точную модель (рис. 1), погрешность прогнозирования при калибровке RMSEC=0,62, а при валидации RMSEP=0,91.

Регрессионные коэффициенты ΔВГД представлены на рис. 2.

Таким образом, параметрами, определяющими успех ЛЭ были: пожилой возраст, мужской пол, наличие начальной катаракты, низкая острота зрения с коррекцией, высокие предоперационное ВГД, СЭ и свод хрусталика, узкий профиль УПК, мелкая ГПК, короткая ПЗО, крутая и тонкая радужка.

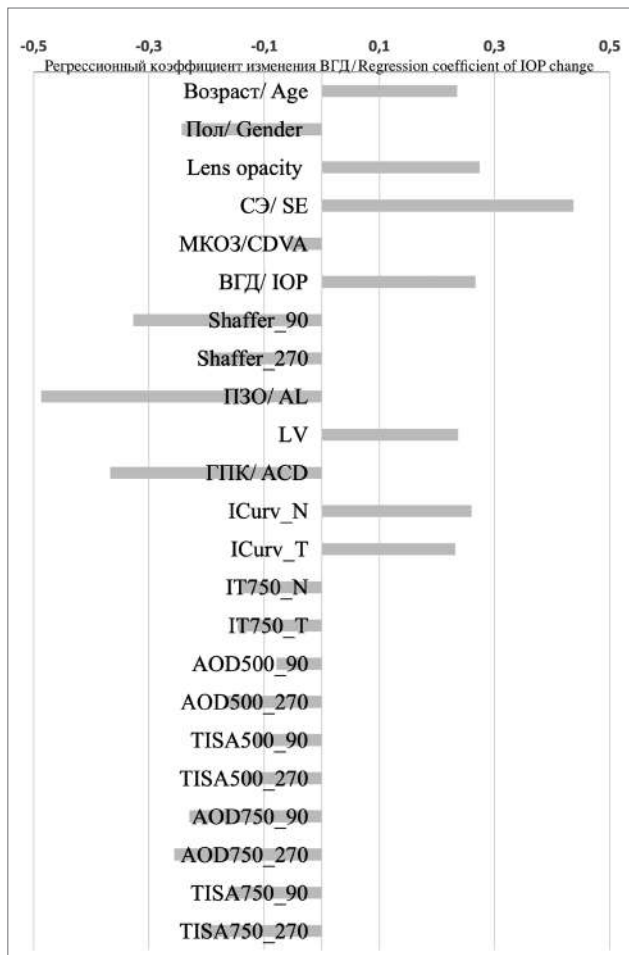


Рис. 2. Величины регрессионных коэффициентов изменения офтальмотонуса

Fig. 2. Values of regression coefficients of changes in intraocular pressure.

Примечание: Пол (мужской — 0 / женский — 1); Lens opacity — помутнение хрусталика; N — назальный сектор; T — темпоральный сектор.

Note: Gender (male — 0 / female — 1); N — nasal sector; T — temporal sector.

Обсуждение

В настоящем исследовании впервые с помощью методов машинного обучения определены клинико-анатомические предикторы снижения ВГД при ПЗУ. Несмотря на то, что многие авторы изучали предикторы нормализации анатомо-топографических параметров УПК [10], в литературе отсутствуют исследования, в которых факторы, ассоциированные с гипотензивным эффектом ЛЭ для лечения ПЗУ, были бы изучены в своей совокупности с учетом параметров УПК, анатомических характеристик радужной оболочки и ТХ. Такой анализ был достигнут путем применения метода моделирования на основе машинного обучения с учетом 37 клинико-анатомических показателей.

Клиническими предикторами гипотензивного эффекта ЛЭ оказались пожилой возраст, мужской пол, наличие начальной катаракты и высокое предоперационное ВГД, что согласуется с другими авторами [19–22].

Ассоциация гипотензивного эффекта с возрастом, очевидно, связана с увеличением толщины хрусталика у пожилых [23]. Высокие же значения Δ ВГД после лечения у пациентов с повышенным исходным ВГД связаны с более выраженной нормализацией анатомо-топографических параметров УПК, так как известно, что большая протяженность иридоотрабекулярного контакта является биомаркером высокого офтальмотонуса при заболевании первичного закрытия угла [24].

Ассоциация успеха ЛЭ с мужским полом в настоящем исследовании согласуется с результатами Melese E. и соавт. [19]. Известно, что женщины подвержены более высокому риску развития ПЗУГ, вероятно, из-за анатомической предрасположенности [25–27]. По данным Quigley H.A., распространенность ПЗУГ ассоциирована с женским полом, тогда как при ПЗУГ взаимосвязь не подтверждена [28]. Было показано, что повышение ВГД связано с наступлением менопаузы [29]. Кроме того, снижение уровня женских половых гормонов с возрастом отрицательно влияет на гемодинамику глаза [30, 31]. Возможно, гормональные факторы оказывают влияние в том числе и на гемодинамику глаза после ЛЭ. Безусловно, для выяснения причин ассоциации успеха лечения, в частности, снижения иридоотрабекулярного контакта в результате ЛЭ, с мужским полом необходим дальнейший поиск [19].

Анатомо-топографическими предикторами гипотензивного успеха ЛЭ оказались мелкая передняя камера и узкий профиль УПК (степень открытия угла по Шафферу, AOD500, AOD750, TISA500, TISA750). Реконструкция УПК путем ЛЭ устраняет несколько механизмов зрачкового блока (как хрусталиковый, так и зрачковый) за счет уплощения радужки после имплантации интраокулярной линзы, занимающей меньший объем передней камеры. Известно, что передне-задний размер искусственного хрусталика (1 мм) по сравнению с натуральным (4–5 мм) формирует условия увеличения профиля УПК за счет углубления передней камеры с последующим снижением офтальмотонуса.

В настоящем исследовании продемонстрирована взаимосвязь снижения ВГД в результате ЛЭ с исходно высоким LV и крутой радужкой, что объясняется более выраженной нормализацией топографии УПК. Показано, что увеличенный LV и крутая радужка ассоциированы со зрачковым блоком [32–35].

Наши результаты продемонстрировали взаимосвязь тонких радужек с выраженным гипотензивным эффектом, что объясняется математической моделью Tiedeman J.S. [36]. Толстые радужки

могут усугублять результат лечения, оказывая влияние на реконструкцию УПК, из-за вовлечения одновременно или последовательно как зрачковых, так и внезрачковых блоков [37]. Утолщенные радужки на периферии препятствуют оттоку внутриглазной жидкости через трабекулярную сеть. Возможно, на результат лечения при ПЗУ оказывают влияние и биомеханические свойства радужки. Известно, что при ПЗУГ жесткость радужки выше, чем в контроле [38].

В настоящем исследовании предикторами с наиболее высокими регрессионными коэффициентами (В) оказались таковые для ПЗО и СЭ (рис. 2). Как правило, короткая ПЗО приводит к гиперметропии. Ассоциация успеха лечения с высоким СЭ обусловлена взаимосвязью гиперметропии с риском развития ЗПЗУ [39, 40], а ПЗО ассоциирована с окклюзионными углами [41, 42]. ЛЭ же приводит к более радикальному расширению УПК, а также нормализации параметров самой передней камеры.

Литература

1. Tham YC, Li X, Wong TY, Quigley HA, Aung T, Cheng CY. Global prevalence of glaucoma and projections of glaucoma burden through 2040: A systematic review and meta-analysis. *Ophthalmology* 2014; 121(11):2081-2090. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2014.05.013>
2. Курышева Н.И., Шарова Г.А. Первичный закрытый угол передней камеры: прогрессирование от подозрения до глаукомы. Часть 1. Частота и скорость перехода подозрения на первичный закрытый угол в истинно закрытый угол и первичную закрытоугольную глаукому. *Вестник офтальмологии* 2022; 138(4):101-107. <https://doi.org/10.17116/oftalma2022138041101>
3. Курышева Н.И., Шарова Г.А. Первичный закрытый угол передней камеры: прогрессирование от подозрения до глаукомы. Часть 2. Предикторы первичного закрытого угла. *Вестник офтальмологии* 2022; 138(4):108-116. <https://doi.org/10.17116/oftalma2022138041108>
4. Jiang Y, Chang DS, Zhu H, et al. Longitudinal changes of angle configuration in primary angle-closure suspects: the Zhongshan Angle-Closure Prevention Trial. *Ophthalmology* 2014; 121(9):1699-1705. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2014.03.039>
5. Azuara-Blanco A., Burr J., Ramsay C., et al. Effectiveness of early lens extraction for the treatment of primary angle-closure glaucoma (EAGLE): a randomised controlled trial. *Lancet* 2016; 388(10052): 1389-1397. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30956-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30956-4)
6. Song MK, Sung KR, Shin JW, Jo YH, Won HJ. Glaucomatous progression after lens extraction in primary angle closure disease spectrum. *J Glaucoma* 2020; 29(8):711-717. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000001537>
7. Курышева Н.И., Шарова Г.А. Роль оптической когерентной томографии в диагностике заболеваний закрытого угла передней камеры. Часть 1: Визуализация переднего сегмента глаза. *Офтальмология* 2021; 18(2):208-215. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2021-2-208-215>
8. Курышева Н.И., Шарова Г.А. Роль оптической когерентной томографии в диагностике заболеваний закрытого угла передней камеры. Часть 2: Визуализация заднего сегмента глаза. *Офтальмология* 2021; 8(3):381-388. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2021-3-381-388>
9. Курышева Н.И., Шарова Г.А. Анатомо-топографические особенности переднего и заднего сегментов глаза при ранних стадиях заболевания первичного закрытия угла. *Национальный журнал глаукома* 2023; 22(1):42-53. <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2023-22-1-42-53>
10. Курышева Н.И., Шарова Г.А. Предикторы успеха периферической лазерной иридотомии и ленсэктомии при начальных стадиях заболевания первичного закрытия угла передней камеры. *Вестник офтальмологии* 2023; 139(3):98-105. <https://doi.org/10.17116/oftalma202313903198>

Заключение

Применение методов машинного обучения, используемых нами и ранее в рамках проекта исследований, посвященных лечению ПЗУ [11, 43], впервые показало, что предикторами гипотензивного эффекта ЛЭ являются пожилой возраст, мужской пол, высокие исходное ВГД, СЭ, LV, начальная катаракта, крутая и тонкая радужка, мелкая передняя камера, короткая ПЗО и узкий профиль УПК. Эти данные следует учитывать при дальнейших разработках индивидуального подхода к выбору тактики лечения ПЗУ.

Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования: Курышева Н.И., Шарова Г.А.

Сбор и обработка материала: Шарова Г.А.

Статистическая обработка: Померанцев А.Л., Родионова О.Е.

Написание статьи: Курышева Н.И., Шарова Г.А.,

Померанцев А.Л., Родионова О.Е.

Редактирование: Шарова Г.А.

References

1. Tham YC, Li X, Wong TY, Quigley HA, Aung T, Cheng CY. Global prevalence of glaucoma and projections of glaucoma burden through 2040: A systematic review and meta-analysis. *Ophthalmology* 2014; 121(11):2081-2090. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2014.05.013>
2. Kuryшева NI, Sharova GA. Primary anterior chamber angle closure: progression from suspect to glaucoma. Part 1. Frequency and rate of transition from suspected primary angle closure to true angle closure and primary angle closure glaucoma. *Vestnik Oftalmologii* 2022; 138(4):101-107. <https://doi.org/10.17116/oftalma2022138041101>
3. Kuryшева NI, Sharova GA. Primary anterior chamber angle closure: progression from suspect to glaucoma. Part 2. Predictors of primary angle closure. *Vestnik Oftalmologii* 2022; 138(4):108-116. <https://doi.org/10.17116/oftalma2022138041108>
4. Jiang Y, Chang DS, Zhu H, et al. Longitudinal changes of angle configuration in primary angle-closure suspects: the Zhongshan Angle-Closure Prevention Trial. *Ophthalmology* 2014; 121(9):1699-1705. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2014.03.039>
5. Azuara-Blanco A., Burr J., Ramsay C., et al. Effectiveness of early lens extraction for the treatment of primary angle-closure glaucoma (EAGLE): a randomised controlled trial. *Lancet* 2016; 388(10052): 1389-1397. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30956-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30956-4)
6. Song MK, Sung KR, Shin JW, Jo YH, Won HJ. Glaucomatous progression after lens extraction in primary angle closure disease spectrum. *J Glaucoma* 2020; 29(8):711-717. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000001537>
7. Kuryшева N.I., Sharova G.A. The Role of Optical Coherence Tomography in the Diagnosis of Angle Closed Diseases of the Anterior Chamber. Part 1: Visualization of the Anterior Segment of the Eye. *Ophthalmology in Russia* 2021; 18(2):208-215. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2021-2-208-215>
8. Kuryшева N.I., Sharova G.A. The Role of Optical Coherence Tomography in the Diagnosis of Angle Closed Diseases of the Anterior Chamber. Part 2: Visualization of the Posterior Segment of the Eye. *Ophthalmology in Russia* 2021; 18(3):381-388. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2021-3-381-388>
9. Kuryшева N.I., Sharova G.A. Anatomical and topographical characteristics of the eye in the early stages of primary angle closure disease. *National Journal glaucoma* 2023; 22(1):42-53. <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2023-22-1-42-53>
10. Kuryшева N.I., Sharova G.A. Predictors of the success of laser peripheral iridotomy and lensectomy in the early stages of primary angle closure disease. *Vestnik Oftalmologii* 2023; 139(3):98-105. <https://doi.org/10.17116/oftalma202313903198>

11. Курешева Н.И., Померанцев А.Л., Родионова О.Е., Шарова Г.А. Методы машинного обучения в сравнительной оценке различных подходов к хирургическому лечению первичного закрытия угла передней камеры глаза. *Офтальмология* 2022; 19(3):549-556. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2022-3-549-556>
12. Wold S., Sjöström M., Eriksson L. PLS-regression: a basic tool of chemometrics. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 2001; 28:109-130. [https://doi.org/10.1016/S0169-7439\(01\)00155-1](https://doi.org/10.1016/S0169-7439(01)00155-1)
13. Pomerantsev, A. L. *Chemometrics in Excel*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc. 2014. <https://doi.org/10.1002/9781118873212>
14. Kucheryavskiy S. mdatools – R package for chemometrics. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 2020; 198, 103937. <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2020.103937>
15. Rodionova O.Ye., Pomerantsev A.L. Detection of Outliers in Projection-Based Modeling. *Anal Chem* 2020; 92:2656-2664. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.9b04611>
16. Foster PJ, Buhrmann R, Quigley HA, Johnson GJ. The definition and classification of glaucoma in prevalence surveys. *Br J Ophthalmol* 2002; 86(2):238-242. <https://doi.org/10.1136/bjo.86.2.238>
17. Chylack LT Jr, Wolfe JK, Singer DM, et al. The Lens Opacities Classification System III. The Longitudinal Study of Cataract Study Group. *Arch Ophthalmol* 1993; 111(6):831-836. <https://doi.org/10.1001/archophth.1993.01090060119035>
18. Курешева Н.И., Бояринцева М.А., Фомин А.В. Хориоидея при первичной закрытоугольной глаукоме: результаты исследования методом оптической когерентной томографии. *Офтальмология* 2013; 10(4):26-31. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2013-4-26-31>
19. Melese E, Peterson JR, Feldman RM, et al. Comparing Laser Peripheral Iridotomy to Cataract Extraction in Narrow Angle Eyes Using Anterior Segment Optical Coherence Tomography. *PLoS One* 2016; 11(9):e0162283. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162283>
20. Liu CJ, Cheng CY, Wu CW, Lau LI, Chou JC, Hsu WM. Factors predicting intraocular pressure control after phacoemulsification in angle-closure glaucoma. *Arch Ophthalmol* 2006; 124(10):1390-1394. <https://doi.org/10.1001/archophth.124.10.1390>
21. Dada T, Rathi A, Angmo D, et al. Clinical outcomes of clear lens extraction in eyes with primary angle closure. *J Cataract Refract Surg* 2015; 41(7):1470-1477. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2014.10.029>
22. Shams PN, Foster PJ. Clinical outcomes after lens extraction for visually significant cataract in eyes with primary angle closure. *J Glaucoma* 2012; 21(8):545-550. <https://doi.org/10.1097/IJG.0b013e31821db1db1>
23. Tarongoy P, Ho CL, Walton DS. Angle-closure glaucoma: the role of the lens in the pathogenesis, prevention, and treatment. *Surv Ophthalmol* 2009; 54(2):211-225. <https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2008.12.002>
24. Gupta B, Angmo D, Yadav S, Dada T, Gupta V, Sihota R. Quantification of Iridotrabecular Contact in Primary Angle-Closure Disease. *J Glaucoma* 2020; 29(8):681-688. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000001572>
25. Mark HH. Gender differences in glaucoma and ocular hypertension. *Arch Ophthalmol* 2005; 123(2):284. <https://doi.org/10.1001/archophth.123.2.284-a>
26. Amerasinghe N, Aung T. Angle-closure: risk factors, diagnosis and treatment. *Prog Brain Res* 2008; 173:31-45. [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(08\)01104-7](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(08)01104-7)
27. Lee CS, Lee ML, Yanagihara RT, Lee AY. Predictors of narrow angle detection rate-a longitudinal study of Massachusetts residents over 1.7 million person years. *Eye (Lond)* 2021; 35(3):952-958. <https://doi.org/10.1038/s41433-020-1003-0>
28. Quigley HA, Broman AT. The number of people with glaucoma worldwide in 2010 and 2020. *Br J Ophthalmol* 2006; 90(3):262-267. <https://doi.org/10.1136/bjo.2005.081224>
29. Altıntaş O, Caglar Y, Yüksel N, Demirci A, Karabaş L. The effects of menopause and hormone replacement therapy on quality and quantity of tear, intraocular pressure and ocular blood flow. *Ophthalmologica* 2004; 218(2):120-129. <https://doi.org/10.1159/000076148>
30. Toker E, Yenice O, Akpınar I, Aribal E, Kazokoglu H. The influence of sex hormones on ocular blood flow in women. *Acta Ophthalmol Scand* 2003; 81(6):617-624. <https://doi.org/10.1111/j.1395-3907.2003.00160.x>
11. Kuryshva N.I., Pomerantsev A.L., Rodionova O.Y., Sharova G.A. Machine Learning Methods in the Comparative Evaluation of Various Approaches to the Surgical Treatment of Primary Angle Closure. *Ophthalmology in Russia* 2022; 19(3):549-556. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2022-3-549-556>
12. Wold S., Sjöström M., Eriksson L. PLS-regression: a basic tool of chemometrics. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 2001; 28:109-130. [https://doi.org/10.1016/S0169-7439\(01\)00155-1](https://doi.org/10.1016/S0169-7439(01)00155-1)
13. Pomerantsev, A. L. *Chemometrics in Excel*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc. 2014. <https://doi.org/10.1002/9781118873212>
14. Kucheryavskiy S. mdatools – R package for chemometrics. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 2020; 198, 103937. <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2020.103937>
15. Rodionova O.Ye., Pomerantsev A.L. Detection of Outliers in Projection-Based Modeling. *Anal Chem* 2020; 92:2656-2664. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.9b04611>
16. Foster PJ, Buhrmann R, Quigley HA, Johnson GJ. The definition and classification of glaucoma in prevalence surveys. *Br J Ophthalmol* 2002; 86(2):238-242. <https://doi.org/10.1136/bjo.86.2.238>
17. Chylack LT Jr, Wolfe JK, Singer DM, et al. The Lens Opacities Classification System III. The Longitudinal Study of Cataract Study Group. *Arch Ophthalmol* 1993; 111(6):831-836. <https://doi.org/10.1001/archophth.1993.01090060119035>
18. Kuryshva N.I., Boyarinceva M.A., Fomin A.V. Choroidal thickness in primary angle-closure glaucoma: the results of Measurement by Means of Optical Coherence Tomography. *Ophthalmology in Russia* 2013; 10(4):26-31. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2013-4-26-31>
19. Melese E, Peterson JR, Feldman RM, et al. Comparing Laser Peripheral Iridotomy to Cataract Extraction in Narrow Angle Eyes Using Anterior Segment Optical Coherence Tomography. *PLoS One* 2016; 11(9):e0162283. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162283>
20. Liu CJ, Cheng CY, Wu CW, Lau LI, Chou JC, Hsu WM. Factors predicting intraocular pressure control after phacoemulsification in angle-closure glaucoma. *Arch Ophthalmol* 2006; 124(10):1390-1394. <https://doi.org/10.1001/archophth.124.10.1390>
21. Dada T, Rathi A, Angmo D, et al. Clinical outcomes of clear lens extraction in eyes with primary angle closure. *J Cataract Refract Surg* 2015; 41(7):1470-1477. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2014.10.029>
22. Shams PN, Foster PJ. Clinical outcomes after lens extraction for visually significant cataract in eyes with primary angle closure. *J Glaucoma* 2012; 21(8):545-550. <https://doi.org/10.1097/IJG.0b013e31821db1db1>
23. Tarongoy P, Ho CL, Walton DS. Angle-closure glaucoma: the role of the lens in the pathogenesis, prevention, and treatment. *Surv Ophthalmol* 2009; 54(2):211-225. <https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2008.12.002>
24. Gupta B, Angmo D, Yadav S, Dada T, Gupta V, Sihota R. Quantification of Iridotrabecular Contact in Primary Angle-Closure Disease. *J Glaucoma* 2020; 29(8):681-688. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000001572>
25. Mark HH. Gender differences in glaucoma and ocular hypertension. *Arch Ophthalmol* 2005; 123(2):284. <https://doi.org/10.1001/archophth.123.2.284-a>
26. Amerasinghe N, Aung T. Angle-closure: risk factors, diagnosis and treatment. *Prog Brain Res* 2008; 173:31-45. [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(08\)01104-7](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(08)01104-7)
27. Lee CS, Lee ML, Yanagihara RT, Lee AY. Predictors of narrow angle detection rate-a longitudinal study of Massachusetts residents over 1.7 million person years. *Eye (Lond)* 2021; 35(3):952-958. <https://doi.org/10.1038/s41433-020-1003-0>
28. Quigley HA, Broman AT. The number of people with glaucoma worldwide in 2010 and 2020. *Br J Ophthalmol* 2006; 90(3):262-267. <https://doi.org/10.1136/bjo.2005.081224>
29. Altıntaş O, Caglar Y, Yüksel N, Demirci A, Karabaş L. The effects of menopause and hormone replacement therapy on quality and quantity of tear, intraocular pressure and ocular blood flow. *Ophthalmologica* 2004; 218(2):120-129. <https://doi.org/10.1159/000076148>
30. Toker E, Yenice O, Akpınar I, Aribal E, Kazokoglu H. The influence of sex hormones on ocular blood flow in women. *Acta Ophthalmol Scand* 2003; 81(6):617-624. <https://doi.org/10.1111/j.1395-3907.2003.00160.x>

31. Harris A, Harris M, Biller J, et al. Aging affects the retrobulbar circulation differently in women and men. *Arch Ophthalmol* 2000; 118(8):1076-1080. <https://doi.org/10.1001/archophth.118.8.1076>
32. Nonaka A, Iwawaki T, Kikuchi M, Fujihara M, Nishida A, Kurimoto Y. Quantitative evaluation of iris convexity in primary angle closure. *Am J Ophthalmol* 2007; 143(4):695-697. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2006.11.018>
33. Nongpiur ME, He M, Amerasinghe N, et al. Lens vault, thickness, and position in Chinese subjects with angle closure. *Ophthalmology* 2011; 118(3):474-479. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2010.07.025>
34. Moghimi S, Vahedian Z, Fakhraie G, et al. Ocular biometry in the subtypes of angle closure: an anterior segment optical coherence tomography study. *Am J Ophthalmol* 2013; 155(4):664-673.e1. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2012.10.014>
35. Tan GS, He M, Zhao W, Sakata LM, Li J, Nongpiur ME, Lavanya R, Friedman DS, Aung T. Determinants of lens vault and association with narrow angles in patients from Singapore. *Am J Ophthalmol* 2012; 154(1):39-46. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2012.01.015>
36. Tiedeman JS. A physical analysis of the factors that determine the contour of the iris. *Am J Ophthalmol* 1991; 111(3):338-343. [https://doi.org/10.1016/s0002-9394\(14\)72319-0](https://doi.org/10.1016/s0002-9394(14)72319-0)
37. Wang N, Ouyang J, Zhou W, Lai M, Ye T, Zeng M, Chen J. [Multiple patterns of angle closure mechanisms in primary angle closure glaucoma in Chinese]. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi* 2000; 36(1):46.
38. Panda SK, Tan RKY, Tun TA, et al. Changes in Iris Stiffness and Permeability in Primary Angle Closure Glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2021; 62(13):29. <https://doi.org/10.1167/iovs.62.13.29>
39. Lowe RF. Aetiology of the anatomical basis for primary angle-closure glaucoma. Biometrical comparisons between normal eyes and eyes with primary angle-closure glaucoma. *Br J Ophthalmol* 1970; 54(3):161-169. <https://doi.org/10.1136/bjo.54.3.161>
40. Lavanya R, Foster PJ, Sakata LM, et al. Screening for narrow angles in the singapore population: evaluation of new noncontact screening methods. *Ophthalmology* 2008; 115(10):1720-1727.e17272. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2008.03.015>
41. George R, Paul PG, Baskaran M, et al. Ocular biometry in occludable angles and angle closure glaucoma: a population based survey. *Br J Ophthalmol* 2003; 87(4):399-402. <https://doi.org/10.1136/bjo.87.4.399>
42. Lavanya R, Wong TY, Friedman DS, et al. Determinants of angle closure in older Singaporeans. *Arch Ophthalmol* 2008; 126(5):686-691. <https://doi.org/10.1001/archophth.126.5.686>
43. Курешева Н.И., Родионова О.Е., Померанцев А.Л., Шарова Г.А. Сравнительное исследование эффективности лентэктомии и периферической лазерной иридотомии при ПЗУ. *Национальный журнал глаукома* 2023; 22(4):3-14. <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2023-22-4-3-14>
31. Harris A, Harris M, Biller J, et al. Aging affects the retrobulbar circulation differently in women and men. *Arch Ophthalmol* 2000; 118(8):1076-1080. <https://doi.org/10.1001/archophth.118.8.1076>
32. Nonaka A, Iwawaki T, Kikuchi M, Fujihara M, Nishida A, Kurimoto Y. Quantitative evaluation of iris convexity in primary angle closure. *Am J Ophthalmol* 2007; 143(4):695-697. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2006.11.018>
33. Nongpiur ME, He M, Amerasinghe N, et al. Lens vault, thickness, and position in Chinese subjects with angle closure. *Ophthalmology* 2011; 118(3):474-479. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2010.07.025>
34. Moghimi S, Vahedian Z, Fakhraie G, et al. Ocular biometry in the subtypes of angle closure: an anterior segment optical coherence tomography study. *Am J Ophthalmol* 2013; 155(4):664-673.e1. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2012.10.014>
35. Tan GS, He M, Zhao W, Sakata LM, Li J, Nongpiur ME, Lavanya R, Friedman DS, Aung T. Determinants of lens vault and association with narrow angles in patients from Singapore. *Am J Ophthalmol* 2012; 154(1):39-46. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2012.01.015>
36. Tiedeman JS. A physical analysis of the factors that determine the contour of the iris. *Am J Ophthalmol* 1991; 111(3):338-343. [https://doi.org/10.1016/s0002-9394\(14\)72319-0](https://doi.org/10.1016/s0002-9394(14)72319-0)
37. Wang N, Ouyang J, Zhou W, Lai M, Ye T, Zeng M, Chen J. [Multiple patterns of angle closure mechanisms in primary angle closure glaucoma in Chinese]. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi* 2000; 36(1):46.
38. Panda SK, Tan RKY, Tun TA, et al. Changes in Iris Stiffness and Permeability in Primary Angle Closure Glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2021; 62(13):29. <https://doi.org/10.1167/iovs.62.13.29>
39. Lowe RF. Aetiology of the anatomical basis for primary angle-closure glaucoma. Biometrical comparisons between normal eyes and eyes with primary angle-closure glaucoma. *Br J Ophthalmol* 1970; 54(3):161-169. <https://doi.org/10.1136/bjo.54.3.161>
40. Lavanya R, Foster PJ, Sakata LM, et al. Screening for narrow angles in the singapore population: evaluation of new noncontact screening methods. *Ophthalmology* 2008; 115(10):1720-1727.e17272. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2008.03.015>
41. George R, Paul PG, Baskaran M, et al. Ocular biometry in occludable angles and angle closure glaucoma: a population based survey. *Br J Ophthalmol* 2003; 87(4):399-402. <https://doi.org/10.1136/bjo.87.4.399>
42. Lavanya R, Wong TY, Friedman DS, et al. Determinants of angle closure in older Singaporeans. *Arch Ophthalmol* 2008; 126(5):686-691. <https://doi.org/10.1001/archophth.126.5.686>
43. Kurysheva N.I., Rodionova O.Ye., Pomerantsev A.L., Sharova G.A. Comparative study of the efficacy of lens extraction and laser peripheral iridotomy in primary anterior chamber angle closure. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma*. 2023; 22(4):3-14. (In Russ.). <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2023-22-4-3-14>

ДОРЗОПРОСТ

дорзоламид 2% + латанопрост 0,005%
капли глазные 2,5 мл

Впервые вместе!



- ✓ Без тимолола – безопасен для пациентов с коморбидными заболеваниями – артериальной гипертензией, нарушениями ритма сердца, бронхиальной астмой, ХОБЛ и другими
- ✓ Без консервантов – не оказывает цитотоксического влияния на ткани глаза и комфортно переносится
- ✓ Содержит увлажняющий компонент – гипромеллозу
- ✓ Дополнительное снижение ВГД на 17% в сравнении с монотерапией латанопростом
- ✓ Инстилляція 1 раз в сутки – надёжный контроль ВГД 24 часа
- ✓ Фармацевтическая субстанция дорзоламид-латанопрост (Италия, Испания)
- ✓ Современный флакон Novelia® (Франция) сохраняет стерильность препарата в течение месяца после вскрытия



Производитель: К.О. Ромфарм Компани С.Р.Л., Румыния
Представительство в РФ: Rompharm Company
121596, г. Москва, ул. Горбунова, д. 2, стр. 3, офис 612В
Тел./факс: (495) 787-78-44, (495) 269-00-39
www.rompharma.ru



Характеристика морфометрических показателей передней камеры у пациентов с рефрактерной глаукомой после микроимпульсной ЦФК

Иошин И.Э., д.м.н., профессор, заведующий отделением офтальмологии;

<https://orcid.org/0009-0008-5212-7843>

Максимов И.В., врач-офтальмолог; <https://orcid.org/0000-0002-3141-1166>

Березенко Е.А., врач-офтальмолог. <https://orcid.org/0009-0005-0100-1317>

ФГБУ «Клиническая больница» Управления делами Президента Российской Федерации,
107143, Российская Федерация, Москва, ул. Лосиноостровская, 45.

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

Конфликт интересов: отсутствует.

Для цитирования: Иошин И.Э., Максимов И.В., Березенко Е.А. Характеристика морфометрических показателей передней камеры у пациентов с рефрактерной глаукомой после микроимпульсной ЦФК. Национальный журнал глаукома. 2024; 23(1):13-21.

Резюме

ЦЕЛЬ. Оценить анатомо-топографические параметры передней камеры до и после микроимпульсной циклофотокоагуляции (мЦФК) при рефрактерной глаукоме в артифакичных и факичных глазах.

МЕТОДЫ. 60 пациентов (62 глаза) с развитой (7 глаз) и далекозашедшей (55 глаз) стадией рефрактерной глаукомы. Сформированы группы исследования: группа артифакичных глаз (31 глаз, 32 пациента) и группа с факичными глазами (31 глаз, 30 пациентов). Всем пациентам была выполнена мЦФК по модифицированной технологии. Для оценки анатомических параметров пациентам проводилась оптическая когерентная томография (ОКТ) переднего отрезка глаза. В установленные сроки наблюдения после мЦФК измеряли глубину и ширину передней камеры.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Через 12 месяцев гипотензивный эффект был достигнут в группе 1 в 83,1% случаев, в группе 2 — в 80,6% случаев ($p < 0,05$). По данным ОКТ, глубина передней камеры в факичной группе в течение 12-месячного

наблюдения стабильно сохранялась в тех же значениях, что и до операции — в среднем $2,43 \pm 0,21$ мм. В артифакичной группе глубина передней камеры за период наблюдения также не изменилась, среднее значение составило $3,27 \pm 0,12$ мм.

В обеих группах по результатам измерений иридокорнеального угла в 4 меридианах за весь период наблюдения значимых изменений не выявлено ($p > 0,05$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. мЦФК в режиме плотности потока $F=121$ Дж/см² не приводит к изменению пространственных соотношений структур переднего отрезка глаза. Стабильность анатомии передней камеры глаза, а также отсутствие послеоперационных осложнений в раннем и отдаленном периоде наблюдений говорят о минимальной травматичности применяемой операции при рефрактерной глаукоме.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: рефрактерная глаукома, микроимпульсная циклофотокоагуляция, передняя камера глаза.

Для контактов:

Березенко Елена Александровна, e-mail: elenamolchanova@inbox.ru

ORIGINAL ARTICLE

Morphometric analysis of the anterior chamber in patients with refractory glaucoma after micropulse cyclophotocoagulation

IOSHIN I.E., Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Ophthalmological Department;
<https://orcid.org/0009-0008-5212-7843>

MAKSIMOV I.V., ophthalmologist; <https://orcid.org/0000-0002-3141-1166>

BEREZENKO E.A., ophthalmologist. <https://orcid.org/0009-0005-0100-1317>

Clinical Hospital of the Administrative Directorate of the President of the Russian Federation,
 45 Losinoostrovskaya St., Moscow, Russian Federation, 107143.

Funding: the authors received no specific funding for this work.

Conflicts of Interest: none declared.

For citations: Ioshin I.E., Maksimov I.V., Berezenko E.A. Morphometric analysis of the anterior chamber in patients with refractory glaucoma after micropulse transscleral cyclophotocoagulation. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma*. 2024; 23(1):13-21.

Abstract

PURPOSE. To evaluate the anatomical-topographic parameters of the anterior chamber of the eye before and after micropulse cyclophotocoagulation (mCPC) in patients with refractory glaucoma in pseudophakic and phakic eyes.

METHODS. The study included 60 patients (62 eyes) with moderate (7 eyes) and advanced (55 eyes) refractory glaucoma. Study groups were formed as follows: the 1st group consisted of 31 pseudophakic eyes (32 patients), the 2nd group included 31 phakic eyes (30 patients). All patients underwent mCPC according to a modified technique. To assess anatomical parameters patients underwent optical coherence tomography of the anterior segment (AS-OCT). Anterior chamber angle (ACA) and anterior chamber depth (ACD) were measured at specific follow-up time points after mCPC.

RESULTS. Hypotensive effect by the end of 12-month follow-up was achieved in the patients of the first group in 83.1% of cases, in the second group — in 80.6% of cases

($p < 0.05$). According to OCT findings, anterior chamber depth in patients with phakic eyes during the 12-month follow-up remained the same as before surgery — 2.43 ± 0.21 (mm). In the other group with pseudophakic eyes, anterior chamber depth also did not change during the observation period, with an average value of 3.27 ± 0.12 (mm). No significant changes ($p > 0.05$) were found in the irido-corneal angle measurements in the 4 meridians over the entire follow-up period in both groups.

CONCLUSION. Micropulse cyclophotocoagulation performed at fluence rate $F = 121$ J/cm² does not result in changes of structures of the anterior segment of the eye. The stability of anterior chamber anatomy as well as the absence of postoperative complications in early and long-term follow-up proved the minimal traumatic effect of this surgery in patients with refractory glaucoma.

KEYWORDS: refractory glaucoma, micropulse cyclophotocoagulation, anterior chamber.

Микроимпульсная циклофотокоагуляция (мЦФК) активно внедряется в клиническую практику благодаря высокой эффективности и хорошему профилю безопасности [1–7].

Многочисленные исследования подтвердили важность выбора адекватных энергетических параметров лазерного воздействия для достижения стабильного гипотензивного эффекта [1, 3, 5, 7]. Авторами был разработан собственный модифицированный протокол мЦФК, позволивший провести неосложненное лечение у пациентов с рефрактерной глаукомой с эффективностью более 80%. Отсутствие клинических признаков повреждающего действия микроимпульсного лазерного воздействия сочеталось с сохранением исходной остроты зрения [7].

Рядом авторов в подтверждение клинических данных проведены морфометрические исследования (ультразвуковая биомикроскопия в клинике, световая микроскопия в эксперименте), которые, в отличие от традиционной ЦФК, доказали отсутствие признаков коагуляционного некроза в цилиарном теле после мЦФК [8–10, 12–14]. Указанные исследования обосновывают безопасность нового метода и низкий риск послеоперационных осложнений при соблюдении рекомендуемых экспертами энергетических параметров (общая энергия, поток энергии) [11].

Однако, помимо прямого воздействия на цилиарное тело, мЦФК, как и многие антиглаукомные операции, может оказывать опосредованное влияние на окружающие анатомические структуры.

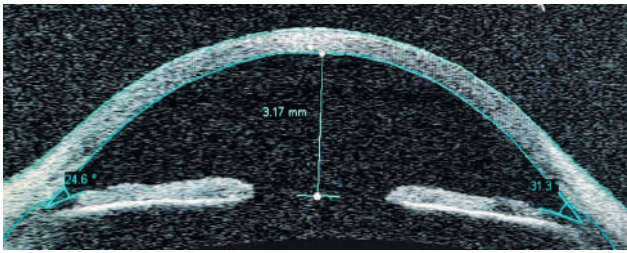


Рис. 1а. ОКТ-изображение передней камеры у пациента с нативным хрусталиком. На снимке обозначены ширина УПК в градусах и ГПК в мм.

Fig. 1a. Anterior chamber OCT image of a patient with a phakic eye. The image shows ACA (°) and ACD (mm).

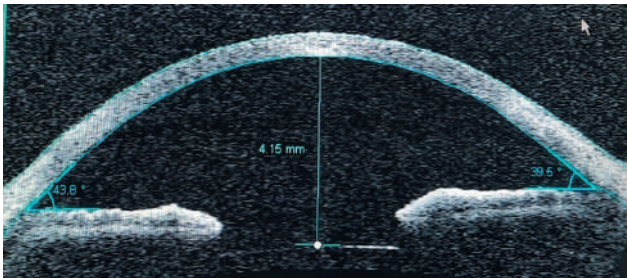


Рис. 1б. ОКТ-изображение передней камеры у пациента с артификацией.

Fig. 1b. OCT image of the anterior chamber in a patient with pseudophakia.

Одними из самых частых анализируемых морфометрических показателей в связи с глаукомой различной формы и этиологии являются ширина угла передней камеры (УПК) и её глубина (ГПК) [12, 13, 15–17]. В совокупности данные параметры определяют форму глаукомы (открытоугольная, закрытоугольная, смешанная), наличие синдрома мелкой передней камеры, синдрома гипотонии и последствия различных антиглаукомных операций [17, 29–31]. Так, расширение УПК с углублением ГПК служит показателем эффективности таких операций, как иридэктомия и лазерная трабекулопластика при смешанной и закрытоугольной глаукоме [15, 18–23, 29, 31]. Классические антиглаукомные операции одновременно с гипотензивным эффектом могут сопровождаться уменьшением ГПК с различными сценариями послеоперационного течения [23–28].

Таким образом, подтвержденное отсутствие коагуляционных повреждений в цилиарном теле после мЦФК не исключает изменений анатомии передней камеры глаза. В настоящее время в литературе отсутствуют данные о морфометрии основных параметров передней камеры глаза после мЦФК. В связи с этим целью данного исследования явилась оценка анатомо-топографических параметров передней камеры глаза (ГПК, ширина УПК) до и после мЦФК у пациентов с рефрактерной глаукомой в артификачных и факичных глазах.

Материалы и методы

В исследование было включено 60 пациентов (62 глаза) с развитой (7 глаз) и далекозашедшей (55 глаз) стадиями рефрактерной глаукомы. Были сформированы группы исследования: группа артификачных глаз (31 глаз, 32 пациента) и группа с нативным хрусталиком (31 глаз, 30 пациентов). Средний возраст на момент проведения мЦФК составлял $78,3 \pm 6,4$ года. Группы были сопоставимы по полу, возрасту, остроте зрения, исходному ВГД и количеству используемых антиглаукомных капель. Критериями исключения были неоваскулярная, закрытоугольная, вторичная, увеальная формы глаукомы, дистрофия роговицы, а также наличие в анамнезе антиглаукомных вмешательств с использованием дренажных устройств и шунтов.

В анамнезе у всех пациентов были неоднократно перенесенные антиглаукомные лазерные (в среднем $1,3 \pm 0,6$) и хирургические (в среднем $1,75 \pm 0,7$) операции проникающего и непроникающего типа. Длительность заболевания составляла от 5 до 24 лет (в среднем $13,7 \pm 4,3$ лет).

До и после мЦФК всем пациентам проводили офтальмологическое обследование, включающее визометрию, тонометрию (с помощью пневмотонометра и по методу Маклакова) и биомикроскопию. Для оценки параметров передней камеры (УПК, ГПК) использовали оптическую когерентную томографию (ОКТ) переднего отрезка глаза до операции и в сроки наблюдения 1 неделя, 1 месяц, 3, 6, 9 и 12 месяцев.

Исследование переднего отрезка глаза выполняли на аппарате Visante™ OCT Anterior Segment Imaging (Carl Zeiss). В процессе исследования световые условия были тождественны. Один исследователь получал все изображения и проводил измерения, отбирались и анализировались изображения с наилучшими центрацией и качеством. Структуру переднего отрезка глаза определяли по нескольким показателям. В факичных глазах ГПК измеряли от эндотелия в центре роговицы до передней капсулы хрусталика, а в артификачных — от эндотелия до передней поверхности интраокулярной линзы (рис. 1 а, б).

Для оценки топографии зоны УПК выполняли измерения ширины иридокорнеального угла по нескольким меридианам (рис. 2).

Как до, так и после операции при измерении для анализа выбиралась наименьшая величина УПК одного меридиана.

Всем пациентам выполняли мЦФК с применением прибора SUPRA 810 (Quantel Medical, Франция) по предложенной модифицированной технологии (Патент на изобретение 2780277 С1, 21.09.2022). Использовались следующие параметры лазера: мощность $W=2000$ мВт, скважность 31,3%, время воздействия на 4 квадранта — 200 сек, энергия

Таблица 1. Ширина УПК в градусах в исследуемых меридианах до и после мЦФК у пациентов с артифакцией, n=31.

Table 1. Results of ACA measurements in the studied meridians before and after mCPC in patients with pseudophakia, n=31.

Срок наблюдения Follow-up times	Меридиан / Meridian							
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
До операции Pre-operative values	42,9±5,7	41,3±4,0	42,2±4,6	42,3±5,6	41,1±5,0	43,1±4,3	42,4±4,7	43,3±3,8
1 неделя Week 1 post-op	43,1±5,3	41,3±3,0	42,6±5,5	42,6±6,2	41,4±4,7	44,0±4,2	42,7±4,8	43,9±4,7
1 месяц / Month 1	42,5±6,0	41,8±4,2	42,4±5,6	43,9±5,0	42,0±4,5	42,9±4,9	41,6±3,6	43,3±4,1
3 месяц / Month 3	43,0±4,4	41,5±4,3	42,7±3,3	43,2±4,5	41,7±3,9	42,8±3,8	42,9±3,7	44,1±4,5
6 месяц / Month 6	43,4±6,5	42,1±3,3	42,4±5,9	42,8±4,2	41,0±4,0	43,1±2,7	42,2±4,6	41,8±5,4
9 месяц / Month 9	42,8±5,5	43,0±3,3	43,1±3,9	43,0±3,7	41,5±4,3	43,4±5,0	42,5±3,9	42,3±3,9
12 месяц / Month 12	43,2±5,9	42,9±4,1	42,4±3,7	42,5±5,2	40,9±4,4	44,2±4,7	42,0±5,0	43,0±3,9

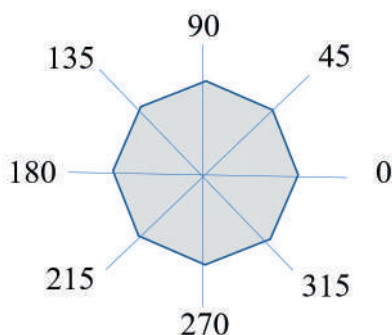


Рис. 2. Измерение УПК по меридианам с помощью ОКТ.
Fig. 2. Measurement of ACA along the meridians using OCT.

$E=125$ Дж, экспозиция на квадрант — 10 сек на каждый проход, количество проходов — 5, плотность потока энергии $F=121,8$ Дж/см². Применяемая лазерная энергия находилась в диапазоне безопасных и эффективных значений. Операция выполнялась под субтензовой анестезией. Лазерный зонд проводили по каждому квадранту отдельно, исключая зоны 3 и 9 часов. Осложнений во время операции не отмечалось.

Для оценки совокупного вероятного успеха лазерного лечения после мЦФК использовали метод Каплана-Мейера [31]. Основными параметрами успеха авторы определяют: показатели ВГД между 6 и 21 мм рт.ст. на фоне гипотензивных препаратов или без них; снижение ВГД на 20% и более от исходного ВГД спустя 3 месяца; отсутствие осложнений и отсутствие необходимости в дополнительной хирургии глаукомы, за исключением мЦФК.

При статистической обработке результатов вычисляли среднее арифметическое значение (М) и среднеквадратичное отклонение. Различия оценивали с помощью критерия Стьюдента, достоверными считались результаты при $p<0,05$.

Результаты

Показания к мЦФК у всех 62 пациентов с рефрактерной глаукомой были определены после комплексного исследования в связи с нестабильным ВГД и отсутствием эффекта от традиционных методов лечения. Пациенты находились под офтальмологическим контролем до операции, через 7 дней и далее через 1, 3, 6, 9 и 12 месяцев. Срок наблюдения пациентов обеих групп составил $14,5\pm3,4$ месяцев. Все пациенты прошли срок наблюдения длительностью 12 месяцев.

Течение раннего послеоперационного периода у всех больных проходило спокойно. При осмотре в ранние сроки редко отмечался остаточный отек бульбарной конъюнктивы, перикорнеальная инъеция отсутствовала, влага передней камеры была прозрачной.

Процент благоприятного исхода по предложенной методике мЦФК был приблизительно одинаковым в обеих группах. К сроку наблюдения 12 месяцев для артифакционной группы он составил 83,1%, для факической группы — 80,6%. В артифакционной группе спустя 12 месяцев после операции отмечено снижение ВГД с $28,9\pm4,5$ мм рт.ст. до $18,4\pm3,3$ мм рт.ст. (снижение на 36,6%, $p<0,05$). В факической группе отмечалось снижение ВГД с $29,1\pm4,6$ мм рт.ст. до $18,9\pm4,0$ мм рт.ст. (снижение ВГД

Таблица 2. Ширина УПК в градусах в исследуемых меридианах до и после мЦФК у пациентов с факичными глазами, n=31.

Table 2. Results of ACA measurements in the studied meridians before and after mCPC in patients with phakic eyes, n=31.

Срок наблюдения Follow-up times	Меридиан / Meridian							
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
До операции Pre-operative values	24,8±9,6	23,7±6,5	24,5±6,7	21,6±8,6	25,9±6,0	25,5±6,0	28,3±7,6	25,1±7,6
1 неделя Week 1 post-op	24,6±8,9	24,3±6,8	25,3±5,5	21,8±9,2	24,1±5,2	26,6±5,4	28,9±7,8	25,4±7,5
1 месяц / Month 1	24,0±9,4	23,4±6,0	24,8±6,0	20,6±8,3	23,8±7,4	26,0±6,9	29,0±7,2	24,9± 6,9
3 месяц / Month 3	24,5±8,0	23,7±7,1	24,0±7,2	21,5±7,7*	22,9±6,9	25,2±6,6	29,3±6,8*	25,7±6,1
6 месяц / Month 6	24,3±7,9	23,8±6,8	24,6±6,2	22,0±7,6	23,1±7,2	25,6±7,1	29,2±7,7	25,1±6,7
9 месяц / Month 9	24,1±7,5	22,9±6,0	25,0±5,9	23,1±6,8*	23,4±6,2	25,0±6,1	28,9±6,9	24,8±7,0
12 месяц / Month 12	24,6±8,8	23,5±7,1	24,5±6,9	22,8±7,8	24,0±7,7	25,8±6,7	28,7±6,9	25,2±6,8

Таблица 3. ГПК в обеих группах до и после мЦФК (мм).

Table 3. Results of ACD measurements before and after mCPC (mm).

Срок наблюдения Follow-up times	Исследуемые группы / Study groups	
	Факичные глаза / Phakic eyes	Артифакичные глаза / Pseudophakic eyes
До операции / Pre-operative values	2,5±0,14	3,25±0,13
1 неделя / Week 1 post-op	2,44±0,27	3,27±0,12
1 месяц / Month 1	2,42±0,15	3,31±0,11
3 месяц / Month 3	2,45±0,2	3,26±0,13
6 месяц / Month 6	2,40±0,19	3,24±0,15
9 месяц / Month 9	2,49±0,23	3,29±0,11
12 месяц / Month 12	2,43±0,16	3,26±0,13

на 35,0%, $p < 0,05$) (табл. 1). В сроки наблюдения от 6 до 9 месяцев в артифакичной группе в 5 случаях было выявлено повышение ВГД до $28,4 \pm 2,5$ мм рт.ст. Данной группе пациентов с нестабильным ВГД были определены показания для проведения повторной мЦФК по модифицированной технологии. После повторной мЦФК гипотензивный в раннем послеоперационном периоде эффект был достигнут во всех случаях.

В факичной группе в сроки наблюдения от 7 до 10 месяцев у 6 пациентов (6 глаз) выявлено повышение ВГД до $28,8 \pm 3,4$ мм рт.ст. Данным пациентам с нестабильным ВГД проведена повторная процедура мЦФК по модифицированной технологии. Гипотензивный эффект был достигнут во всех случаях в раннем послеоперационном периоде.

За период наблюдения послеоперационных осложнений не выявлено.

Максимальная корригированная острота зрения у пациентов в обеих группах за период наблюдения оставалась на дооперационном уровне. Количество гипотензивных препаратов после мЦФК в обеих группах снизилось в среднем с $3,0 \pm 0,4$ до $2,3 \pm 0,3$.

Получены следующие результаты ОКТ переднего отрезка: ГПК у пациентов с факичными глазами в течение всего срока наблюдения стабильно сохранялась в тех же значениях, что и до операции — в среднем $2,43 \pm 0,21$ (мм). В группе с артифакичными глазами ГПК за период наблюдения также не изменилась, среднее значение составило $3,27 \pm 0,12$ (мм).

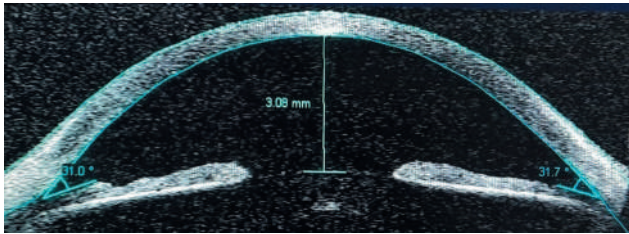


Рис. 3б. Измерение УПК и ГПК в через 1 неделю.

Fig. 3b. Measurement of ACA and ACD at 1 week after surgery.

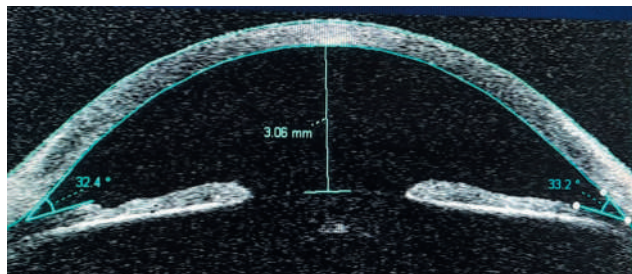
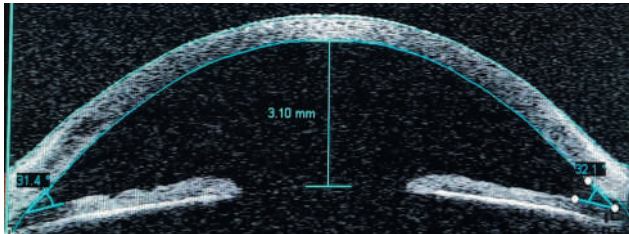


Рис. 3с. Измерение УПК и ГПК через 1 месяц.

Fig. 3c. Measurement of ACA and ACD at 1 month after surgery.

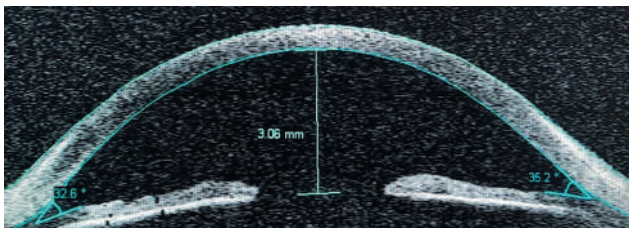


Рис. 3д. Измерение УПК и ГПК через 3 месяца.

Fig. 3d. Measurement of ACA and ACD at 3 months after surgery.

Рис. 3 (а–д). Результаты измерения УПК и ГПК у пациента с нативным хрусталиком в различные сроки наблюдения в меридиане 90–270°.

Fig. 3 (a–d). Results of ACA and ACD measurements in patients with native lens on different follow-up time points at the 90–270° meridian.

В обеих группах также проведена оценка состояния УПК в 4 меридианах. В группе факических глаз с первой недели после лечения и до конца срока наблюдения ни в одном меридиане значимых изменений не выявлено ($p > 0,05$) (рис. 3). В группе артифакических глаз значения УПК за период наблюдения также не изменились (рис. 4). Таким образом,

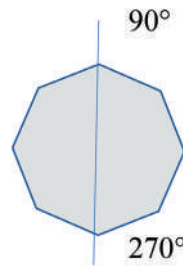


Рис. 3а. Измерение УПК и ГПК до операции.

Fig. 3a. Measurement of ACA and ACD before surgery.

исследуемые показатели структур переднего отрезка (УПК и ГПК) глаза сохранялись стабильными до и после мЦФК за весь период наблюдения ($p > 0,05$) (табл. 1, 2, 3).

Обсуждение

мЦФК заняла особое место в лечении рефрактерных форм глаукомы ввиду её высокой эффективности и минимального числа послеоперационных осложнений [1–7].

В подтверждение тому показатели успешности хирургического лечения после модифицированной мЦФК по модифицированному протоколу с учетом потока энергии (121,8 Дж/см²) составили 83,1% для первой группы и 80,1% для второй группы к сроку наблюдения 12 месяцев [7].

Ранее безопасность применяемого метода мЦФК была доказана результатами гистологических исследований в эксперименте. Применение мЦФК не вызывало коагуляционного некроза эпителия и стромы цилиарного тела, что доказывает ее минимально травматичный характер [8, 9, 14].

Прижизненные исследования цилиарного тела после мЦФК с помощью ультразвуковой биомикроскопии (УБМ) показали отсутствие нарушений его структуры [12, 13, 30]. Так, в исследовании Ходжаева Н.С. и соавт. (2020) у всех пациентов с неоваскулярной глаукомой через 1 месяц после мЦФК толщина цилиарного тела была приближена к дооперационным значениям. Ни в одном случае не было выявлено дистрофических изменений цилиарных отростков [10]. В другом исследовании Benhatchi N. et al. (2019) с помощью УБМ оценивали значение толщины цилиарного тела до и после операции. Проведенное исследование подтвердило отсутствие значительных изменений толщины цилиарного тела ($p > 0,001$) [12]. Соh P. и соавт. (2016) показали, что через 6 месяцев после мЦФК не наблюдается изменений как цилиарного тела, так и структур угла передней камеры, а также прилегающих тканей (супрахориоидальное пространство, склеральная шпора) [30].

Следует отметить, что трактовка результатов УБМ часто носит субъективный характер, оценка результатов зависит от исследователя. В связи с этим сложно судить однозначно, что именно

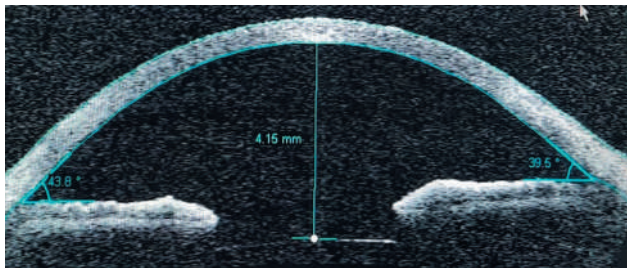


Рис. 4б. Измерение УПК и ГПК через 1 неделю.

Fig. 4b. Measurement of ACA and ACD at 1 week after surgery.

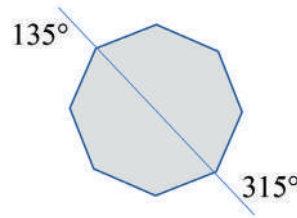
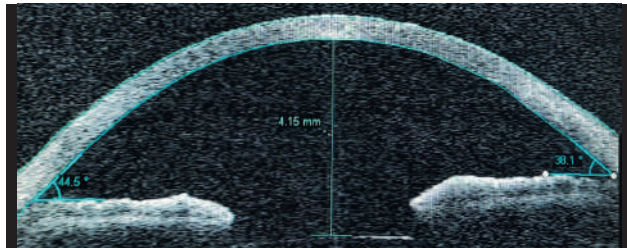


Рис. 4а. Измерение УПК и ГПК до операции.

Fig. 4a. Measurement of ACA and ACD before surgery.

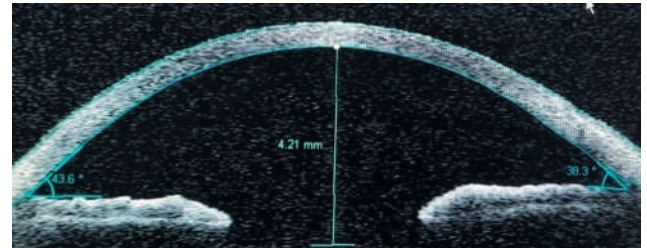


Рис. 4с. Измерение УПК и ГПК через 3 месяца.

Fig. 4c. Measurement of ACA and ACD at 3 months after surgery.

Рис. 4 (а–с). Результаты измерения УПК и ГПК у пациента с артрафакцией в различные сроки наблюдения в меридиане 135–315°.
Fig. 4 (a–c). Results of ACA and ACD measurements in patients with pseudophakia on different follow-up time points at the 135–315° meridian.

характеризуют изменения в виде разрежения пространства между цилиарным телом и склерой, а также относительное утолщение цилиарных отростков — стадию глаукомы или реакцию на энергетическое воздействие. Данный факт дополнительно подчеркивает важность соблюдения безопасных энергетических параметров мЦФК.

Применение объективных морфометрических методов, к которым по праву относится ОКТ, для измерения УПК и ГПК, призвано помочь независимо оценить результат ранее проведенных операций. Такой контроль ГПК и ширины УПК, в частности, проводится в случаях лазерной иридэктомии, иридопластики, а также при эндоскопической циклопластике [12, 27–29]. Объективный контроль ГПК и УПК регулярно проводится после фильтрующих антиглаукомных операций. Полученные с помощью ОКТ анатомо-топографические особенности передней камеры оперированного глаза позволяют представить важнейшие показатели для определения тактики лечения [15, 16, 18, 20, 27].

Проведенный анализ собственных результатов ОКТ показал отсутствие морфометрических изменений со стороны УПК и ГПК в исследуемых группах за период наблюдения 12 месяцев. Ни в одном случае не было выявлено статистически достоверных изменений со стороны структур передней камеры, что, вероятно, связано с минимально травмирующим воздействием лазерной энергии на цилиарное тело.

Полученные данные доказывают, что методика мЦФК при контролируемом режиме лазерной энергии не приводит к патологическим изменениям структур передней камеры глаза, что подтверждает её эффективность и безопасность.

Заключение

Полученные результаты морфометрических измерений с помощью метода оптической когерентной томографии доказывают, что мЦФК в режиме плотности потока $F=121$ Дж/см² не приводит к изменению пространственных соотношений структур переднего отрезка глаза, в частности, величины УПК и ее глубины в течение всего срока наблюдения после операции. Стабильность анатомии передней камеры глаза косвенно подтверждает отсутствие повреждающего действия выбранных параметров лазерного воздействия на основные структуры, обеспечивающие гидродинамику глаза. Учитывая вышесказанное, а также неизменную остроту зрения и отсутствие осложнений, мЦФК можно отнести к минимально травматичным операциям у пациентов с рефрактерной глаукомой.

Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования: Иошин И.Э.

Сбор и обработка материала: Максимов И.В., Березенко Е.А.

Статистическая обработка: Максимов И.В., Березенко Е.А.

Написание статьи: Иошин И.Э., Максимов И.В., Березенко Е.А.

Редактирование и окончательное утверждение: Иошин И.Э.

Литература

1. Sanchez FG, Peirano-Bonomi JC, Grippo TM. Micropulse Transscleral Cyclophotocoagulation: A Hypothesis for the Ideal Parameters. *Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol* 2018; 7(3):94-100.
2. Ma A, Yu SWY, Wong JKW. Micropulse laser for the treatment of glaucoma: A literature review. *Surv Ophthalmol* 2019; 64(4):486-497. <https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2019.01.001>
3. Grippo, T.M., Sanchez, F.G., Stauffer, J., Marcellino, G. MicroPulse® Transscleral Laser Therapy — Fluence May Explain Variability in Clinical Outcomes: A Literature Review and Analysis. *Clinical ophthalmology (Auckland, N.Z.)* 2021; 15:2411-2419. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S313875>.
4. Vig N, Ameen S, Bloom P, et al. Micropulse transscleral cyclophotocoagulation: initial results using a reduced energy protocol in refractory glaucoma. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2020; 258(5):1073-1079. <https://doi.org/10.1007/s00417-020-04611-0>
5. Souissi S, Baudouin C, Labb A, Hamard P. Micropulse transscleral cyclophotocoagulation using a standard protocol in patients with refractory glaucoma naive of cyclodestruction. *Eur J Ophthalmol* 2021; 31(1):112-119. <https://doi.org/10.1177/1120672119877586>
6. Иошин И.Э., Толчинская А.И., Максимов И.В. Сравнительный анализ лечения пациентов с рефрактерной глаукомой различных стадий методом микроимпульсной трансклеральной циклофотокоагуляции. *Офтальмология* 2022; 19(2):318-324. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2022-2-318-324>
7. Иошин И.Э., Толчинская А.И., Максимов И.В., Ракова А.В. Модифицированный протокол микроимпульсной циклофотокоагуляции с учетом потока лазерной энергии. *РООФ-2022. Т. 1.* 247-250.
8. Maslin JS, Chen PP, Sinard J, Nguyen AT, Noecker R. Histopathologic changes in cadaver eyes after MicroPulse and continuous wave transscleral cyclophotocoagulation. *Can J Ophthalmol* 2020; 55(4):330-335. <https://doi.org/10.1016/j.cjco.2020.03.010>
9. Moussa K, Feinstein M, Pekmezci M, et al. Histologic Changes Following Continuous Wave and Micropulse Transscleral Cyclophotocoagulation: A Randomized Comparative Study. *Transl Vis Sci Technol* 2020; 9(5):22. <https://doi.org/10.1167/tvst.9.5.22>
10. Ходжаев Н.С., Сидорова А.В., Старостина А.В., Елисеева М.А. Микроимпульсная трансклеральная циклофотокоагуляция в лечении глаукомы. *Российский офтальмологический журнал* 2020; 13(2):105-111. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2020-13-2-105-111>
11. Grippo TM, de Crom RMPC, Giovino M, et al. Evidence-Based Consensus Guidelines Series for MicroPulse Transscleral Laser Therapy: Dosimetry and Patient Selection. *Clin Ophthalmol* 2022; 16:1837-1846. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S365647>
12. Nassima Benhatchi, Djawed Bensmail, Yves Lachkar. Benefits of Sub-Cyclo laser therapy guided by high-frequency ultrasound biomicroscopy in patients with refractory glaucoma. *J Glaucoma* 2019; 28(6): 535-539. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000001230>.
13. Graber M, Rothschild P-R, Khoueir Z, et al. High intensity focused ultrasound cyclodestruction versus cyclodiode treatment of refractory glaucoma: A retrospective comparative study. *J Fr Ophtalmol* 2018; 41(7):611-618. <https://doi.org/10.1016/j.jfo.2018.02.005>.
14. Tan Nyq, Ang M, Chan Asy, et al. Transscleral cyclophotocoagulation and its histological effects on the conjunctiva. *Sci Rep* 2019; 9(1):18703. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55102-0>
15. Бирич Т.А. Биомеханические компоненты закрытия угла передней камеры глаза по данным оптической когерентной томографии. *РМЖ Клиническая офтальмология* 2010; 4:118.
16. See JL. Imaging of the anterior segment in glaucoma. *Clin Exp Ophthalmol* 2009; 37(5):506-513. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9071.2009.02081.x>
17. Нестеров А.П. Глаукома. М: Медицина 1995; 256.
18. Cornel S, Iliescu D.A., Batras M. et al. Plateau iris — diagnosis and treatment. *Romanian Journal of Ophthalmology* 2015; 59(1):14-18.
19. Даниленко О.В., Большунов А.В., Ильина Т.С. Влияние лазерной иридэктомии на анатомо-функциональные показатели при первичной закрытоугольной глаукоме с относительным зрачковым блоком. *Национальный журнал глаукома* 2014; 13(4):48-55.

References

1. Sanchez FG, Peirano-Bonomi JC, Grippo TM. Micropulse Transscleral Cyclophotocoagulation: A Hypothesis for the Ideal Parameters. *Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol* 2018; 7(3):94-100.
2. Ma A, Yu SWY, Wong JKW. Micropulse laser for the treatment of glaucoma: A literature review. *Surv Ophthalmol* 2019; 64(4):486-497. <https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2019.01.001>
3. Grippo, T.M., Sanchez, F.G., Stauffer, J., Marcellino, G. MicroPulse® Transscleral Laser Therapy — Fluence May Explain Variability in Clinical Outcomes: A Literature Review and Analysis. *Clinical ophthalmology (Auckland, N.Z.)* 2021; 15:2411-2419. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S313875>.
4. Vig N, Ameen S, Bloom P, et al. Micropulse transscleral cyclophotocoagulation: initial results using a reduced energy protocol in refractory glaucoma. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2020; 258(5):1073-1079. <https://doi.org/10.1007/s00417-020-04611-0>
5. Souissi S, Baudouin C, Labb A, Hamard P. Micropulse transscleral cyclophotocoagulation using a standard protocol in patients with refractory glaucoma naive of cyclodestruction. *Eur J Ophthalmol* 2021; 31(1):112-119. <https://doi.org/10.1177/1120672119877586>
6. Ioshin I.E., Tolchinskaya A.I., Maksimov I.V. Comparative Analysis of Treatment of Patients with Refractory Glaucoma of Various Stages by Microimpulse Transscleral Cyclophotocoagulation. *Ophthalmology in Russia* 2022; 19(2):318-324. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2022-2-318-324>
7. Ioshin I.E., Tolchinskaya A.I., Maksimov I.V., Rakova A.V. Modified protocol of micropulse cyclophotocoagulation including the laser fluence. *ROOF-2022. Vol. 1.* Pp. 247-250.
8. Maslin JS, Chen PP, Sinard J, Nguyen AT, Noecker R. Histopathologic changes in cadaver eyes after MicroPulse and continuous wave transscleral cyclophotocoagulation. *Can J Ophthalmol* 2020; 55(4):330-335. <https://doi.org/10.1016/j.cjco.2020.03.010>
9. Moussa K, Feinstein M, Pekmezci M, et al. Histologic Changes Following Continuous Wave and Micropulse Transscleral Cyclophotocoagulation: A Randomized Comparative Study. *Transl Vis Sci Technol* 2020; 9(5):22. <https://doi.org/10.1167/tvst.9.5.22>
10. Khodzhaev N.S., Sidorova A.V., Starostina A.V., Eliseeva M.A. Micropulse transscleral cyclophotocoagulation for the treatment of glaucoma. *Russian Ophthalmological Journal* 2020; 13(2):105-111. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2020-13-2-105-111>
11. Grippo TM, de Crom RMPC, Giovino M, et al. Evidence-Based Consensus Guidelines Series for MicroPulse Transscleral Laser Therapy: Dosimetry and Patient Selection. *Clin Ophthalmol* 2022; 16:1837-1846. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S365647>
12. Nassima Benhatchi, Djawed Bensmail, Yves Lachkar. Benefits of Sub-Cyclo laser therapy guided by high-frequency ultrasound biomicroscopy in patients with refractory glaucoma. *J Glaucoma* 2019; 28(6): 535-539. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000001230>.
13. Graber M, Rothschild P-R, Khoueir Z, et al. High intensity focused ultrasound cyclodestruction versus cyclodiode treatment of refractory glaucoma: A retrospective comparative study. *J Fr Ophtalmol* 2018; 41(7):611-618. <https://doi.org/10.1016/j.jfo.2018.02.005>.
14. Tan Nyq, Ang M, Chan Asy, et al. Transscleral cyclophotocoagulation and its histological effects on the conjunctiva. *Sci Rep* 2019; 9(1):18703. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55102-0>
15. Birich TA. Biomechanical components of anterior chamber angle closure by optical coherence tomography. *RMJ Clinical Ophthalmology* 2010; 4:118.
16. See JL. Imaging of the anterior segment in glaucoma. *Clin Exp Ophthalmol* 2009; 37(5):506-513. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9071.2009.02081.x>
17. Nesterov AP. Glaucoma [Glaukoma]. Moscow, Meditsina Publ., 1995. 256 p.
18. Cornel S, Iliescu D.A., Batras M. et al. Plateau iris — diagnosis and treatment. *Romanian Journal of Ophthalmology* 2015; 59(1):14-18.
19. Danilenko O.V., Bolshunov A.V., Il'ina T.S. Laser iridectomy influence on anatomical and functional characteristics in primary angle-closure glaucoma and relative papillary block. *National Journal glaucoma* 2014; 13(4):48-55.

20. Policoff I.A., Chanis R.A., Toor A., Ramos-Esteban J.C., Fahim M.M., Gaqliuso D.J., Serle J.B. The effect of laser iridotomy on the anterior segment anatomy of patients with plateau iris configuration. *J Glaucoma* 2005; 14(2):109-113.
21. Day, A.C., Baio G., Gazzard G. et al. The prevalence of primary angle closure glaucoma in european derived populations: A systematic review. *Br J Ophthalmol* 2012; 96(9):1162-1167. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2011-301189>
22. Шмелева-Кенуфи О.А., Мельник М.А., Мамиконян В.Р., Муха А.И. Современные стратегии использования селективной лазерной трабекулопластики в лечении глаукомы. Обзор литературы. *Офтальмология* 2022; 19(2):242-246. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2022-2-242-246>
23. Басинский С.Н. Частота осложнений и сравнительная эффективность хирургического лечения первичной открытоугольной глаукомы. *РМЖ Клиническая офтальмология* 2011; 12(2):67-70.
24. Еричев В.П., Абдуллаева Э.Х., Мазурова Ю.В. Частота и характер интра- и ранних послеоперационных осложнений после антиглаукомных операций. *Вестник офтальмологии* 2021; 137(1):54-59. <https://doi.org/10.17116/oftalma202113701154>
25. Егоров Е.А. Нежелательные явления гипотензивной терапии глаукомы. *РМЖ Клиническая офтальмология* 2007; 8(4):144.
26. Егоров Е.А., Городничий В.В., Петров С.Ю. и др. Ранние и отдаленные результаты хирургического лечения глаукомы (результаты многоцентрового исследования стран СНГ). *РМЖ Клиническая офтальмология* 2017; 17(1):25-34. <https://doi.org/10.21689/2311-7729-2017-17-1-25-34>
27. Simsek, M., Elgin, U., Uzel, M. M., Sen, E., & Yilmazbas, P. Stabilization Time of Anterior Segment Parameters After Trabeculectomy Surgery. *Eye & contact lens* 2018; 44(Suppl 2):S396-S399. <https://doi.org/10.1097/ICL.0000000000000525>
28. Ritch R., Tham CC., Lam DS. Long-term success of argon laser peripheral iridoplasty in the management of plateau iris syndrome. *Ophthalmology* 2004; 111(1):104-108. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2003.05.001>
29. Podbielski D.W., Varma D.K., Tam D.Y. Endocycloplasty. A new technique for managing angle closure glaucoma secondary to plateau iris syndrome. *Glaucoma today* 2010; 10:29-31.
30. Coh P., Masis M., Moghimi S., Lin S.C. Micropulse transscleral diode laser cyclophotocoagulation: shortterm results and anatomical effects. *Investigative Ophthalmology & Visual Science* 2016; 57:5619.
31. Sanchez F.G., Lerner F., Sampaolesi J., Noecker R. et al. Efficacy and Safety of Micropulse(R) Transscleral Cyclophotocoagulation in Glaucoma. *Arch Soc Esp Ophthalmol* 2018; 93(12):573-579. <https://doi.org/10.1016/j.oftal.2018.08.003>
20. Policoff I.A., Chanis R.A., Toor A., Ramos-Esteban J.C., Fahim M.M., Gaqliuso D.J., Serle J.B. The effect of laser iridotomy on the anterior segment anatomy of patients with plateau iris configuration. *J Glaucoma* 2005; 14(2):109-113.
21. Day, A.C., Baio G., Gazzard G. et al. The prevalence of primary angle closure glaucoma in european derived populations: A systematic review. *Br J Ophthalmol* 2012; 96(9):1162-1167. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2011-301189>
22. Shmeleva-Kenoufi O.A., Melnik M.A., Mamikonyan V.R., Mukha A.I. Modern Strategies for Using Selective Laser Trabeculoplasty in Treatment of Glaucoma. Review. *Ophthalmology in Russia* 2022; 19(2):242-246. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2022-2-242-246>
23. Basinsky S.N. Frequency of complications and comparative efficacy of surgical treatment of POAG. *RMJ Clinical ophthalmology* 2011; 13(2):67-70.
24. Eriчев VP, Abdullaeva EH, Mazurova UV. Frequency and nature of intraoperative and early postoperative complications after glaucoma surgeries. *Vestnik Oftalmologii* 2021; 137(1):54-59. <https://doi.org/10.17116/oftalma202113701154>
25. Egorov E.A. Undesirable effects of hypotensive treatment. *RMJ Clinical ophthalmology* 2007; 8(4):144.
26. Egorov E.A., Kuroyedov A.V., Gorodnichiy V.V. et al. Early and long-term outcomes of glaucoma surgery the results of multicenter study in CIS Countries. *RMJ Clinical ophthalmology* 2017; 17(1):25-34. <https://doi.org/10.21689/2311-7729-2017-17-1-25-34>
27. Simsek, M., Elgin, U., Uzel, M. M., Sen, E., & Yilmazbas, P. Stabilization Time of Anterior Segment Parameters After Trabeculectomy Surgery. *Eye & contact lens* 2018; 44(Suppl 2):S396-S399. <https://doi.org/10.1097/ICL.0000000000000525>
28. Ritch R., Tham CC., Lam DS. Long-term success of argon laser peripheral iridoplasty in the management of plateau iris syndrome. *Ophthalmology* 2004; 111(1):104-108. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2003.05.001>
29. Podbielski D.W., Varma D.K., Tam D.Y. Endocycloplasty. A new technique for managing angle closure glaucoma secondary to plateau iris syndrome. *Glaucoma today* 2010; 10:29-31.
30. Coh P., Masis M., Moghimi S., Lin S.C. Micropulse transscleral diode laser cyclophotocoagulation: shortterm results and anatomical effects. *Investigative Ophthalmology & Visual Science* 2016; 57:5619.
31. Sanchez F.G., Lerner F., Sampaolesi J., Noecker R. et al. Efficacy and Safety of Micropulse(R) Transscleral Cyclophotocoagulation in Glaucoma. *Arch Soc Esp Ophthalmol* 2018; 93(12):573-579. <https://doi.org/10.1016/j.oftal.2018.08.003>

Топографические особенности формирования путей оттока при глаукоме с применением губчатых аллодренажей

КОРНИЛАЕВА Г.Г., д.м.н., ведущий научный сотрудник, офтальмохирург высшей категории;

<https://orcid.org/0000-0002-1915-0311>

МУСИНА Л.А., д.б.н., ведущий научный сотрудник научно-исследовательского отдела морфологии;

<https://orcid.org/0000-0003-1237-9284>

КОРНИЛАЕВА М.П., к.м.н., заведующая офтальмологическим отделением;

<https://orcid.org/0000-0003-1433-0206>

ШАНГИНА О.Р., профессор, д.б.н., заведующая лабораторией консервации тканей.

<https://orcid.org/0000-0003-1686-1254>

ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава РФ (ВЦГПХ), 450075, Российская Федерация, Республика Башкортостан, Уфа, ул. Рихарда Зорге, 67/1.

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

Конфликт интересов: отсутствует.

Для цитирования: Корнилаева Г.Г., Мусина Л.А., Корнилаева М.П., Шангина О.Р. Топографические особенности формирования путей оттока при глаукоме с применением губчатых дренажей. *Национальный журнал глаукома*. 2024; 23(1):22-28.

Резюме

ЦЕЛЬ. Для улучшения результатов операции и достижения её надёжности при вторичной глаукоме, в том числе и рефрактерной, предложено использовать небiodеструктивный аллотрансплантационный дренаж губчатой структуры, изготовленный по технологии Аллоплант®.

МЕТОДЫ. Экспериментально-морфологические исследования, проведённые во Всероссийском центре глазной и пластической хирургии, показали, что аллогенный губчатый биоматериал, применяемый для антиглаукомной операции губчатого дренирования, постепенно замещается рыхлой тканью с пористой структурой, подобной трабекулярной, за счёт чего формируется новая дренажная система. В ходе операции проксимальная часть дренажа вводится через иссечённую дренажную зону в угол передней камеры (УПК). Дистальная часть заправляется в супрахориоидальное пространство через линейный разрез в склеральном ложе.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Особенность вновь созданной топографии УПК после операции губчатого дренирования с использованием аллогенного биоматериала заключается не только в расширении профиля УПК, но и в замещении биоматериалом иссечённой части дренажной зоны после синустрабекулэктомии и устранение ретенции оттока внутриглазной жидкости (ВГЖ). Ультразвуковая биомикроскопия показала сохранность системы микроканальцев в различные сроки после антиглаукомной операции. Оптическая когерентная томография УПК демонстрирует расположение дренажа в отдалённые сроки после операции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Антиглаукомная операция с использованием аллогенного биоматериала губчатой структуры способствует формированию трабекулоподобной ткани в УПК, устраняет ретенцию оттока ВГЖ, снижает риск склеро-склеральных и склеро-конъюнктивальных сращений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: глаукома, вторичная глаукома, экспериментальная морфология, губчатый аллодренаж.

Для контактов:

Корнилаева Гузель Галеевна, e-mail: g.kornilaeva@alloplant.ru

ORIGINAL ARTICLE

Topographical features of the formation of outflow tracts with the use of spongy allo-drainages in glaucoma

KORNILAEVA G.G., Dr. Sci. (Med.), leading researcher, board certified in ophthalmic surgery;
<https://orcid.org/0000-0002-1915-0311>

MUSINA L.A., Dr. Sci. (Biol.), leading researcher at the Morphology Research Department;
<https://orcid.org/0000-0003-1237-9284>

KORNILAEVA M.P., Cand. Sci. (Med.), Head of the Ophthalmology Department;
<https://orcid.org/0000-0003-1433-0206>

SHANGINA O.R., Dr. Sci. (Biol.), Professor, Head of the Tissue Conservation Laboratory.
<https://orcid.org/0000-0003-1686-1254>

Bashkir State Medical University (Russian Eye and Plastic Surgery Centre), 67/1 Richarda Sorge St., Ufa, Republic of Bashkortostan, Russian Federation, 450075.

Funding: the authors received no specific funding for this work.

Conflicts of Interest: none declared.

For citations: Kornilaeva G.G., Musina L.A., Kornilaeva M.P., Shangina O.R. Topographical features of the formation of outflow tracts with the use of spongy allo-drainages in glaucoma. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma*. 2024; 23(1):22-28.

Abstract

PURPOSE. Improving the results of the operation and achieving its reliability in secondary glaucoma, including refractory glaucoma, can be done using a non-biodesectible allograft drainage with spongy structure fabricated by Alloplant® technology.

METHODS. Experimental and morphological studies conducted in the Russian Eye and Plastic Surgery Center showed that the allogeneic spongy biomaterial used for anti-glaucoma sponge drainage surgery is gradually replaced by loose tissue with a porous structure, similar to trabecular, forming a new drainage system. During the operation, the proximal part of the drainage is inserted through the excised drainage zone in the anterior chamber angle (ACA). The distal part is tucked into the suprachoroidal space through a linear incision in the scleral bed.

RESULTS. The newly created topography of the ACA after sponge drainage operation with the use of allogeneic bio-

material features not only the expansion of the ACA profile, but also the replacement of the excised part of the drainage zone with biomaterial after sinus trabeculectomy (STE) and elimination of retention of the intraocular fluid (IOF) outflow. Ultrasound biomicroscopy (UBM) performed at various times after antiglaucoma surgery showed that the microtubule system preserved. Optical coherence tomography (OCT) of the ACA demonstrates the location of the drainage in the long-term follow-up.

CONCLUSION. Antiglaucoma operation with the use of allogeneic biomaterial with spongy structure promotes the formation of trabecula-like tissue in the ACA, eliminates retention of IOF outflow, and reduces the risk of scleroscleral and sclero-conjunctival adhesions.

KEYWORDS: glaucoma, secondary glaucoma, experimental morphology, spongy alldrainage.

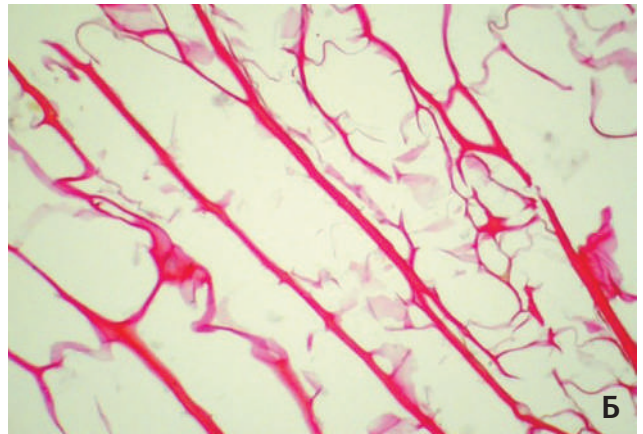
Антиглаукомные операции с использованием различных дренажей с целью длительной нормализации внутриглазного давления нашли широкое применение при рефрактерной и вторичной глаукомах [1–4, 5, 18]. Дренажная хирургия предполагает использование различных дополнений для предотвращения грубого рубцевания и пролонгирования желаемого эффекта, хотя кардинальный механизм гипотензивного действия антиглаукомных операций, таких, как синустрабекулэктомия (СТЭ) остается практически неизменным [6–11].

В настоящее время известны различные дренажи — как ауто-, алло-, ксено-, — так и экспланто-дренажи для проведения антиглаукомных операций, результаты использования которых опубликованы на страницах периодической офтальмологической печати [12–19].

Идея применения аллогенных дренажей губчатой структуры в хирургии глаукомы была реализована в разработанной нами операции губчатого дренирования при различных видах вторичной глаукомы, в том числе и рефрактерной. На сегодняшний день она является базовой во Всероссийском центре глазной и пластической хирургии.



А



Б

Рис. 1. Структурно-модифицированный губчатый АТ:
А — общий вид; Б — гистологическая структура губчатого АТ. Окраска по Ван-Гизону. Увел. $\times 100$.

Fig. 1. Structurally modified spongy allograft:
А — general view; Б — histological structure of the spongy allograft. Van Gieson's stain. Magn. $\times 100$.

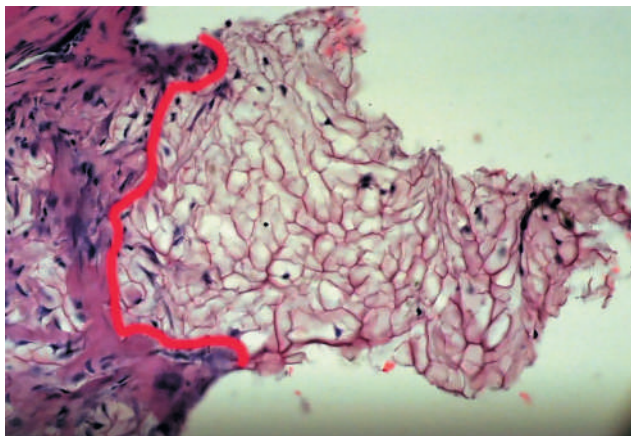


Рис. 2. Проксимальная часть губчатого биоматериала, выступающая в просвет УПК (отделена красной линией) глаза кролика через 90 суток после операции. Окраска гематоксилином и эозином. Увел. $\times 100$.

Fig. 2. Proximal part of the spongy biomaterial protruding into the lumen of the anterior chamber angle (separated by the red line). Rabbit eyes 90 days after operation. Hematoxylin and eosin staining. Magn. $\times 100$.

Применение аллогенных дренажей при глаукоме, изготовленных по технологии Аллоплант®, заключается не только в длительной нормализации офтальмотонуса, но и в формировании дополнительных путей оттока внутриглазной жидкости (ВГЖ) из передней камеры глаза в супрахориоидальное пространство (Патент РФ № 2223073 от 10.02.2004). Активизация оттока ВГЖ достигается как посредством выполнения СТЭ и введением в переднюю камеру проксимального конца губчатого дренажа, так и по увеосклеральному пути, за счет формирования доступа в супрахориоидальное пространство через линейный разрез в зоне склерального ложа и направлением в него дистального конца биоматериала.

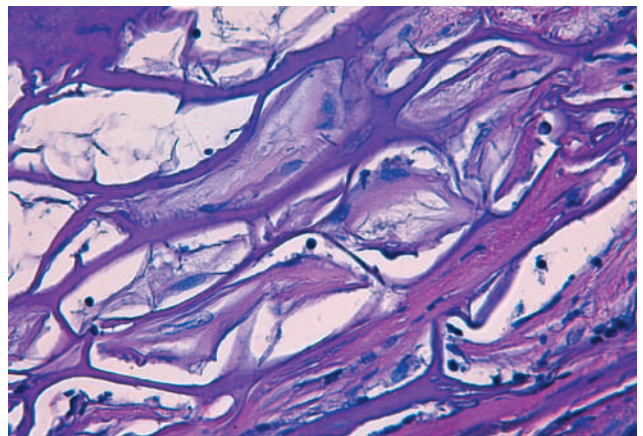


Рис. 3. Эндотелиальные клетки, выстилающие стенки ячеек губчатого биоматериала на 180 сутки. Окраска гематоксилином и эозином. Увел. $\times 200$.

Fig. 3. Endothelial cells lining the walls of spongy biomaterial on day 180. Hematoxylin and eosin staining. Magn. $\times 200$.

Аллотрансплантат (АТ) для антиглаукомной операции губчатого дренирования представляет собой тонкие пористые пластинки прямоугольной формы толщиной до 1 мм губчатой структуры. Он изготавливается из донорских фасций различной локализации, которые проходят многоэтапную обработку, в результате чего значительно изменяется объем ткани и АТ приобретает модифицированную пористую структуру и не подвергается биодеградации. По своему строению биоматериал напоминает губку светло-желтого цвета, состоящую из множества пор различного диаметра, которые разделены между собой тонкими волокнистыми перегородками. При необходимости его можно моделировать. Благодаря микропористой структуре АТ обладает выраженными сорбционными и упруго-эласти-

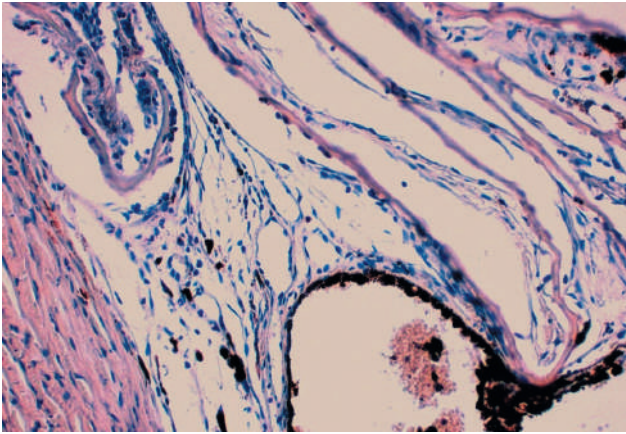


Рис. 4. Кровеносные сосуды, врастающие вдоль балок губчатого биоматериала на 360 сутки. Окраска гематоксилином и эозином. Увел. $\times 200$.

Fig. 4. Blood vessels growing along the beams of spongy biomaterial on day 360. Hematoxylin and eosin staining. Magn. $\times 200$.

ческими свойствами, что позволяет использовать его для восстановления тканей с дренажной функцией. Готовый АТ имеет размеры $10 \times 5 \times 1$ мм в виде пластинки (рис. 1). За счет особенностей обработки он обладает следующими свойствами: 1) низкой антигенностью; 2) физически и биомеханически неизменной коллагеновой структурой; 3) абсолютной стерильностью; 4) пластичностью и моделируемостью.

Экспериментально-морфологические исследования, проведенные в нашей клинике, явились доказательной базой для внедрения антиглаукомной операции губчатого дренирования в офтальмохирургическую практику. В зоне оперативного вмешательства — углу передней камеры (УПК), куда вводится губчатый биоматериал — формируется трабекулоподобная дренажная система.

В эксперименте на кроликах с моделированной кортикостероидной глаукомой нами было выявлено, что биоматериал после имплантации в переднюю камеру вызывает слабо выраженную клеточную реакцию окружающих тканей. Слабая резорбция трансплантата наблюдалась в проксимальной части, выступающей в переднюю камеру, а в интрасклеральном пространстве происходило замещение биоматериала хорошо васкуляризированной соединительной тканью.

Стенки ячеек проксимальной части биоматериала, выступающего в просвет УПК, не рассасываются и не смыкаются, что обеспечивает ток камерной влаги по губчатому АТ (рис. 2). Морфологические исследования показали, что упруго-эластические стенки большинства ячеек губчатого трансплантата выстилаются эндотелиальными клетками (рис. 3). Таким образом, на месте трансплантата формируется новая ткань, по структуре напоминающая трабекулярную сеть.

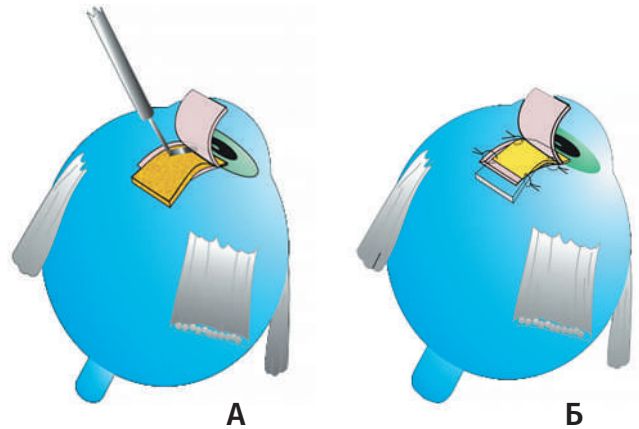


Рис. 5. Схема операции губчатого дренирования:

А — у лимба иссечен участок глубоких слоев склеры вместе с синусом и трабекулой в виде прямоугольника (этап синустрабекулэктомии); произведен сквозной разрез глубоких слоев склеры до супрахориоидального пространства на всю ширину склерального ложа;

Б — губчатый дренаж уложен на дно склерального ложа и проксимальным концом через зону синустрабекулэктомии введен в переднюю камеру; дистальный конец заправлен в супрахориоидальное пространство и фиксирован к краям склерального ложа.

Fig. 5. Scheme of the sponge drainage operation:

A — at the limbus, a section of the deep layers of the sclera is excised along with the sinus and trabecula in the form of a rectangle (sinus trabeculectomy stage); a thorough incision was made in the deep layers of the sclera to the suprachoroidal space across the entire width of the scleral bed;

B — sponge drainage is placed on the bottom of the scleral bed and its proximal end is inserted into the anterior chamber through the sinus trabeculectomy zone; the distal end is tucked into the suprachoroidal space and fixed to the edges of the scleral bed.

Стенки ячеек биоматериала выстилаются эндотелиоцитами, на 180–360 сутки эксперимента определяются отдельные тонкостенные кровеносные сосуды, прорастающие внутрь ячеек. За счет формирования коллатералей они создают дополнительное питание для оболочек глаза (рис. 4).

Исходя из результатов наших исследований, губчатый трансплантат, обладая выраженными дренажными свойствами, способствуют нормализации оттока ВГЖ из передней камеры и восстановлению тканевого гомеостаза глазного яблока.

Таким образом, на основании полученных морфологических данных мы пришли к выводу о наличии двухкомпонентного комплекса, создающего и поддерживающего дренирующий эффект в послеоперационном периоде.

Первым компонентом, на наш взгляд, является система пор и щелей в виде микроканалцев в имплантированном дренаже, который четко просматривался в передней камере и не подвергался биодеструкции. Просвет этих каналцев сохранялся в длительные сроки наблюдения.

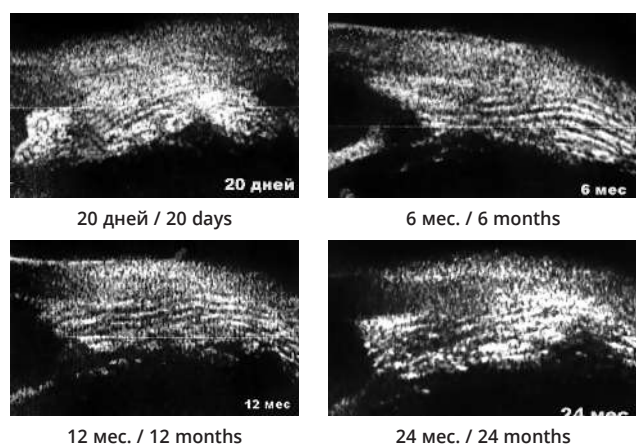


Рис. 6. Ультразвуковая биомикроскопия дренажной зоны. Формирование системы микроканальцев в губчатом дренаже в различные сроки после антиглаукомной операции.

Fig. 6. Ultrasound biomicroscopy of the drainage zone. Formation of a system of microtubules in the sponge drainage at various periods after antiglaucoma operation.

Вторым компонентом являются венозные сосуды в ткани, замещающей дистальный отдел трансплантата, что в какой-то мере аналогично системе оттока камерной влаги по Шлеммову каналу и воднистым венам.

Главной целью разработанного нами вмешательства является создание новой топографии УПК в зоне операции и замещения дренажной системы

аллотрансплантатом для устранения ретенции оттока ВГЖ. Важным компонентом операции является ток влаги непосредственно из передней камеры по ходу губчатого дренажа, как по проводнику (вдоль и через него) в супрахориоидальное, а также в субтенозовое пространство.

Таким образом, особенностью вновь созданной топографии УПК являются: во-первых, расширение профиля УПК; во-вторых, замещение губчатым биоматериалом иссеченной части дренажной зоны после СТЭ и, в-третьих, устранение ретенции оттока ВГЖ (рис. 5).

Основными принципами хирургической техники антиглаукомной операции губчатого дренирования для формирования новой дренажной системы и активизации тока ВГЖ из передней камеры в супрахориоидальное пространство по увеосклеральному пути является: 1) фистулизирующий элемент — СТЭ — в углу передней камеры; 2) введение губчатого АТ в переднюю камеру и в супрахориоидальное пространство; 3) создание тока ВГЖ из передней камеры по дренажу в супрахориоидальное пространство.

Данные ультразвуковой биомикроскопии демонстрирует сохранность системы микроканальцев в дренаже и подтверждает результаты морфологических исследований, а также топографию формирования путей оттока в различные отдаленные сроки после антиглаукомной операции губчатого дренирования (рис. 6).



Рис. 7. Клинические примеры пациентов, ранее оперированных по поводу глаукомы. В передней камере видны губчатые дренажи: А — 2 мес. после операции; Б — 3 года после операции; В — 8 лет после операции. ВГД во всех случаях нормализованное.

Fig. 7. Clinical examples of patients previously operated on for glaucoma. Sponge drainages are visible in the anterior chamber: А — at 2 months after operation; Б — at 3 years after operation; В — at 8 years after operation. IOP was normalized in all cases.



Рис. 8. ОКТ дренажной зоны в различные сроки после операции губчатого дренирования.

Fig. 8. OCT of the drainage area at various periods after sponge drainage operation.

Заключение

Топографические особенности вновь сформированных путей оттока после хирургического лечения сложных случаев глаукомы с применением губчатых дренажей заключаются в формировании в УПК, на месте имплантированного губчатого аллотрансплантата, трабекулоподобной ткани, через которую осуществляется ток внутриглазной жидкости из передней камеры в субтенозово и супрахориоидальное пространства.

Вследствие низкой антигенности и особенностей обработки губчатого биоматериала снижается риск склеро-склеральных и склеро-конъюнктивных сращений. За счет сформированной

и сохранной губчатой структуры дренажа достигаются расширения профиля УПК и устраняется ретенция оттока ВГЖ.

Таким образом, создаются пути оттока влаги из передней камеры в венозную сеть, в супрахориоидальное пространство и по увеосклеральному пути, что способствует нормализации офтальмотонуса даже в отдаленные сроки наблюдения.

Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования: Корнилаева Г.Г.

Сбор и обработка материала: Корнилаева М.П.

Статистическая обработка: Корнилаева М.П.

Написание статьи: Корнилаева Г.Г., Мусина Л.А., Шангина О.Р.

Редактирование: Корнилаева Г.Г., Мусина Л.А.

Литература

1. Еричев В.П. Рефрактерная глаукома: особенности лечения. *Вестник офтальмологии* 2000; 116(5):8-10.
2. Астахов Ю.С., Егоров Е.А., Брезель Ю.А. Хирургическое лечение «рефрактерной» глаукомы. *РМЖ Клиническая офтальмология* 2006; 2(1):25-27.
3. Расческов А.Ю., Лоскутов И.А. Современные технологии хирургического лечения рефрактерной глаукомы. Обзор литературы. *Офтальмология* 2012; 9(1):4-9. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2012-1-54-62>
4. Национальное руководство по глаукоме для практикующих врачей. Под ред. Егорова Е.А., Еричева В.П. М: ГЭОТАР-Медиа 2019; 384.
5. Исаков И.Н., Куроедов А.В. Профиль пациента со вторичной глаукомой. *Национальный журнал глаукома* 2022; 21(3):64-71. <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2022-21-3-64-71>
6. Cairns J.E. Trabeculectomy. Preliminary report of a new method. *Am J Ophthalmol* 1968; 66(4):673-679.
7. Лебедев О.И. Концепция избыточного рубцевания тканей глаза после антиглаукоматозных операций. *Вестник офтальмологии* 1993; 109(1):36-39.
8. Петров С.Ю., Волжанин А.В. Синустрабекулэктомия: история, терминология, техника. *Национальный журнал глаукома* 2017; (2):82-91.
9. Журавлева А.Н., Сулейман Е.А., Киселева О.А. Хирургический вариант профилактики рубцевания при проведении синустрабекулэктомии. *Саратовский научно-медицинский журнал* 2017; 13(2):372-375.
10. Петров С.Ю., Сулейман Е.А. Новая методика синустрабекулэктомии в лечении глаукомы. *Национальный журнал глаукома* 2022; 21(3):25-31. <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2022-21-3-25-31>
11. Андреева Л.Д., Киселева О.А., Косакян С.М., Бессмертный А.М. и др. Экспериментальное обоснование применения аутокератолоскута при фистулизирующих антиглаукоматозных операциях. *Российский офтальмологический журнал* 2011; 4(2):73-77.
12. Ходжаев Н.С., Сидорова А.В., Коломейцев М.Н. Базовые характеристики антиглаукоматозных дренажей. *Офтальмохирургия* 2017; 4:80-86. <https://doi.org/10.25276/0235-4160-2017-4:80-86>
13. Терещенко А.В., Трифаненкова И.Г., Молоткова И.А., Жуков С.С. Дренажи в хирургии глаукомы. *Национальный журнал глаукома* 2020; 19(2):88-96. <https://doi.org/10.25700/NJG.2020.02.10>
14. Куроедов А.В., Огородникова А.Ю. Микродренирование с помощью Ex-PRESS мини-шунта как вариант выбора оперативного лечения пациентов с первичной открытоугольной глаукомой продвинутых стадий болезни. *Офтальмология* 2010; 7(1):23-28.

References

1. Erichev V.P. Refractory glaucoma: treatment features. *Vestnik Oftal'mologii* 2000; 116(5):8-10.
2. Astakhov Yu.S., Egorov E.A., Brezel Yu.A. Surgical treatment of refractory glaucoma. *RMJ Clinical Ophthalmology* 2006; 2(1):25-27.
3. Rascheskov A.Yu., Loskoutov I.A. Modern technologies of refractory glaucoma treatment. Review. *Ophthalmology in Russia* 2012; 9(1):4-9. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2012-1-54-62>
4. National Glaucoma Guidelines for Medical Practitioners. Ed. Egorova E.A., Eriчева V.P. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2019. 384 p.
5. Isakov I.N., Kuroedov A.V. Profile of a patient with secondary glaucoma. *National Journal Glaucoma* 2022; 21(3):64-71. <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2022-21-3-64-71>
6. Cairns J.E. Trabeculectomy. Preliminary report of a new method. *Am J Ophthalmol* 1968; 66(4):673-679.
7. Lebedev O.I. The concept of excessive scarring of eye tissues after anti-glaucomatous operations. *Vestnik oftal'mologii* 1993; 109(1):36-39.
8. Petrov S.Yu., Volzhanin A.V. Sinustrabeculectomy: history, terminology, technique. *National Journal Glaucoma* 2017; (2):82-91.
9. Zhuravleva A.N., Suleiman E.A., Kiseleva O.A. Surgical option for the prevention of scarring during sinustrabeculectomy. *Saratov Journal of Medical Science* 2017; 13(2):372-375.
10. Petrov S.Yu., Suleiman E.A. A new technique of sinustrabeculectomy in the treatment of glaucoma. *National Journal Glaucoma* 2022; 21(3):25-31. <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2022-21-3-25-31>
11. Andreeva L.D., Kiseleva O.A., Kosakian S.M., Bessmertny A.M. et al. Experimental substantiation of the use of autokeratoloscute in fistulizing antiglaucomatous operations. *Russian Ophthalmological Journal* 2011; 4(2):73-77.
12. Khodjaev N.S., Sidorova A.V., Kolomeitsev M.N. Basic characteristics of antiglaucomatous drains. *Ophthalmosurgery* 2017; 4:80-86. <https://doi.org/10.25276/0235-4160-2017-4:80-86>
13. Tereshchenko A.V., Trifanenkova I.G., Molotkova I.A., Zhukov S.S. Drainage in glaucoma surgery. *National Journal Glaucoma* 2020; 19(2):88-96. <https://doi.org/10.25700/NJG.2020.02.10>
14. Kuroedov A.V., Ogorodnikova A.Yu. Micro-drainage using Ex-PRESS mini-shunt as an option for surgical treatment of patients with primary open-angle glaucoma of advanced stages of the disease. *Ophthalmology* 2010; 7(1):23-28.

15. Dietlein T.S., Lappas A., Rosentreter A. Secondary subconjunctival implantation of a biodegradable collagen-glycosaminoglycan matrix to treat ocular hypotony following trabeculectomy with mitomycin C. *Br J Ophthalmol* 2013; 97(8):985-988. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2013-303357>
16. Schlunck G., Meyer-ter-Vehn T., Klink T., Grehn F. Conjunctival fibrosis following filtering glaucoma surgery. *Experimental Eye Research* 2016; 142:76-82. <https://doi.org/10.1016/j.exer.2015.03.021>
17. Арефьева Ю.А. Новые возможности хирургии глаукомы: iGen - рассасывающийся коллагеновый имплант для антиглаукоматозных операций. *Новое в офтальмологии* 2008; 3:27.
18. Suda M., Nakanishi H., Akagi T., et al. Baerveldt or Ahmed glaucoma valve implantation with pars plana tube insertion in Japanese eyes with neovascular glaucoma: 1-year outcomes. *Clin Ophthalmol* 2018; 12:2439-2449. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S183689>
19. Хуснитдинов И.И., Бабушкин А.Э. Эффективность хирургического лечения глаукомы с применением различных видов дренажа «Глаутекс». *Офтальмология* 2019; 16(1S):91-95.
15. Dietlein T.S., Lappas A., Rosentreter A. Secondary subconjunctival implantation of a biodegradable collagen-glycosaminoglycan matrix to treat ocular hypotony following trabeculectomy with mitomycin C. *Br J Ophthalmol* 2013; 97(8):985-988. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2013-303357>
16. Schlunck G., Meyer-ter-Vehn T., Klink T., Grehn F. Conjunctival fibrosis following filtering glaucoma surgery. *Experimental Eye Research* 2016; 142:76-82. <https://doi.org/10.1016/j.exer.2015.03.021>
17. Arefieva Yu.A. New abilities in glaucoma surgery: the iGen dissolving collagen drainage for antiglaucoma operations. *New in ophthalmology* 2008; 3:27.
18. Suda M., Nakanishi H., Akagi T., et al. Baerveldt or Ahmed glaucoma valve implantation with pars plana tube insertion in Japanese eyes with neovascular glaucoma: 1-year outcomes. *Clin Ophthalmol* 2018; 12:2439-2449. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S183689>
19. Khusnitdinov I.I., Babushkin A.E. The effectiveness of surgical treatment of glaucoma using various types of drainage «GlauteX». *Ophthalmology* 2019; 16(1S):91-95.



Уважаемые читатели!

Вы можете оформить подписку на журнал

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЖУРНАЛ ГЛАУКОМА»

по каталогу АО «Почта России»

подписной индекс **ПП605**

и через агентство «Урал-Пресс»

подписной индекс **37353**

в любом отделении связи.

Возможности фиксированной комбинации бримонидина и тимолола в достижении безопасного уровня внутриглазного давления после микроимпульсной лазерной циклофотокоагуляции

АЛЕКСЕЕВ И.Б., д.м.н., профессор кафедры офтальмологии¹; <https://orcid.org/0000-0002-4506-4986>

БЕРЛОВА В.А., клинический ординатор кафедры офтальмологии¹; <https://orcid.org/0009-0007-2078-8906>

КУПЦОВА В.А., клинический ординатор кафедры офтальмологии¹; <https://orcid.org/0009-0000-9605-9792>

АЛЕКСЕЕВА Л.И., студентка МГМУ им. Сеченова²; <https://orcid.org/0000-0002-8068-040X>

¹ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава РФ, 123995, Российская Федерация, Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1;

²ФГАОВ ВО «Первый МГМУ им. И. М. Сеченова» Минздрава РФ, 119991, Российская Федерация, Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2.

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

Конфликт интересов: отсутствует.

Для цитирования: Алексеев И.Б., Берлова В.А., Купцова В.А., Алексеева Л.И. Возможности фиксированной комбинации бримонидина и тимолола в достижении безопасного уровня внутриглазного давления после микроимпульсной лазерной циклофотокоагуляции. *Национальный журнал глаукома*. 2024; 23(1):29-35.

Резюме

ЦЕЛЬ. Оценить клиническую эффективность и безопасность фиксированной комбинации — гипотензивного препарата Бримайза Дуо (бримонидина тартрат 2 мг/мл + тимолола малеат 5 мг/мл) у пациентов с продвинутыми стадиями первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ) при отсутствии достижения «давления цели» после проведения лазерной микроимпульсной трансклеральной диод-лазерной циклофотокоагуляции (мЦФК).

МЕТОДЫ. Выполнена мЦФК в индивидуальном режиме 100 пациентам (104 глаза) с ПОУГ в возрасте от 35 до 86 лет, из них 54,17% мужчин и 45,83% женщин. Срок наблюдения составил 3 месяца, результаты оценивали на 1, 7 и 14 сутки, далее через 1 и 3 месяца. В 23,08% случаев (24 пациента) вследствие отсутствия компенсации внутриглазного давления (ВГД) назначался препарат Бримайза Дуо.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Уровень ВГД через 7 дней составил $23,54 \pm 4,8$ мм рт.ст. Через 3 месяца цифры ВГД были на

уровне $18,11 \pm 2,04$ мм рт.ст., что на 4–5 мм рт.ст. ниже, чем в раннем послеоперационном периоде. После 30 дней наблюдения 5 пациентам (20,83%) был дополнительно добавлен латанопрост 0,005%. Повторная операция была рекомендована и проведена 4 пациентам (16,67%), из них 1 пациенту было выполнено оперативное вмешательство проникающего типа, 3 пациентам была проведена повторная мЦФК в индивидуальном режиме.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. мЦФК является безопасным и эффективным инструментом в снижении ВГД у пациентов с продвинутыми стадиями ПОУГ. Неинвазивность данной методики позволяет ускорить сроки восстановления после хирургического вмешательства, а также снизить число осложнений. В случае отсутствия «давления цели» после операции применение Бримайза Дуо показало свою эффективность в 62,5% случаях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: глаукома, внутриглазное давление, лазерная микроимпульсная циклофотокоагуляция, гипотензивные препараты.

Для контактов:

Купцова Валерия Алексеевна, e-mail: valery.alator@gmail.com

ORIGINAL ARTICLE

The potential of a fixed combination of brimonidine and timolol in achieving safe intraocular pressure levels after micropulse laser cyclophotocoagulation

ALEKSEEV I.B., Dr. Sci. (Med.), Professor at the Academic Department of Ophthalmology;

<https://orcid.org/0000-0002-4506-4986>

BERLOVA V.A., resident physician at the Academic Department of Ophthalmology¹;

<https://orcid.org/0009-0007-2078-8906>

KUPTSOVA V.A., resident physician at the Academic Department of Ophthalmology¹;

<https://orcid.org/0009-0000-9605-9792>

ALEKSEEVA L.I., student². <https://orcid.org/0000-0002-8068-040X>

¹Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, 2/1 bld. 1 Barricadnaya St., Moscow, Russian Federation, 125993;

²I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), 8 bld. 2 Trubetskaya St., Moscow, Russian Federation, 119991.

Funding: the authors received no specific funding for this work.

Conflicts of Interest: none declared.

For citations: Alekseev I.B., Berlova V.A., Kuptsova V.A., Alekseeva L.I. The potential of a fixed combination of brimonidine and timolol in achieving safe intraocular pressure levels after micropulse laser cyclophotocoagulation. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma*. 2024; 23(1):29-35.

Abstract

PURPOSE. To evaluate the clinical effectiveness and safety of using a fixed combination — hypotensive drug Brimonidine Duo (brimonidine tartrate 2 mg/mL + timolol maleate 5 mg/mL) to reduce intraocular pressure in patients with advanced stages of primary open-angle glaucoma (POAG) in cases when achieving target pressure failed after laser micropulse transcleral diode laser cyclophotocoagulation (mCPC).

METHODS. MCPC was performed with individually chosen parameters in 100 patients (104 eyes) aged 35 to 86 with POAG, of them 54.17% were men and 45.83% were women. The follow-up period lasted 3 months, the results were evaluated on the 1st, 7th and 14th days, then after 1 and 3 months. In 23.08% of cases (24 patients) subjects were prescribed antihypertensive combination drug Brimayza Duo due to intraocular pressure (IOP) remaining uncompensated.

RESULTS. The average IOP level after 7 days was 23.54 ± 4.8 mm Hg. After 3 months, IOP values were 18.11 ± 2.04 mm Hg,

which is 4–5 mm Hg lower than in the early postoperative period. After 30 days of follow-up, an additional antihypertensive drug Latanoprost 0.005% was added for 5 patients (20.83%). Repeated surgery was recommended and performed in 4 patients (16.67%), of which 1 patient underwent surgical intervention of the penetrating type, 3 patients underwent repeat mCPC with individually chosen parameters.

CONCLUSION. MCPC is a safe and effective tool for reducing intraocular pressure in patients with advanced stages of POAG. The noninvasive nature of this technique makes it possible to speed up the recovery time after surgery, as well as reduce the number of postoperative complications. Among patients who failed to achieve target pressure after surgery, the use of Brimayza Duo was effective in 62.5% of cases.

KEYWORDS: glaucoma, intraocular pressure, laser micropulse cyclophotocoagulation, hypotensive drugs.

Н а сегодняшний день одной из актуальных проблем современной офтальмологии является разработка методов лечения глаукомы [1]. Глаукома является хроническим прогрессирующим заболеванием с неясной этиологией и многофакторным патогенезом. Глаукома проявляется триадой признаков по Грефе — периодическим или постоянным повышением ВГД, атрофией волокон зрительного нерва и характерными изменениями полей зрения [2].

Глаукома является лидером среди первичной инвалидности населения по зрению. В России распространенность среди взрослого населения составляет 1 300 000 чел., на 100 тыс. составляет 1146 человек. По предположительным прогнозам, данная цифра будет увеличиваться [3].

При разработке методов лечения глаукомы учитывают различные патогенетические механизмы. Все методики направлены на достижение устойчивого низкого внутриглазного давления (ВГД).

Для этого воздействие оказывается на снижение продукции водянистой влаги или на улучшение ее оттока. Принципом снижения ВГД является персонализированный подход. «Давление цели» тем меньше, чем более продвинута стадия заболевания [2].

Сегодня в арсенале офтальмологов по-прежнему остаются консервативная терапия с помощью лекарственных препаратов, лечение с использованием лазерных технологий, а также хирургические методики. Выбор метода лечения производится с учетом индивидуальных особенностей пациента в зависимости от возраста, риска прогрессирования, стадии и длительности заболевания [4, 5]. Безусловно, каждый вид лечения имеет свои преимущества и недостатки.

В консервативной терапии активно используют различные классы лекарственных препаратов. Имеющиеся сегодня на отечественном рынке фиксированные комбинации обладают рядом преимуществ — сочетание двух активных веществ, воздействующих на оба механизма поддержания оптимального ВГД, а также доступность, возможность выбора концентрации лекарственного препарата и низкое удельное содержание консервантов. Все это оказывает положительное влияние на приверженность пациента к лечению и замедление темпов прогрессирования заболевания. Кроме того, лекарственная терапия является универсальным инструментом, позволяющим увеличить эффективность лазерного или хирургического лечения глаукомы. Однако, следует иметь в виду, что воздействие консервантов (бензалкония хлорид, хлорбутанол, поликватерний-1 и т.д.) оказывает токсический эффект, приводящий к манифестации синдрома сухого глаза и индуцированным изменениям конъюнктивы [4]. Длительная гипотензивная терапия зачастую приводит к уменьшению числа бокаловидных клеток конъюнктивы, увеличению популяции и активности фибробластов. Развивается фиброз конъюнктивы, так как имеется дозо- и экспозиционнозависимая метаплазия конъюнктивального эпителия [5–7].

У ряда пациентов отсутствуют необходимые навыки для правильного использования флакона с лекарственным препаратом. В конъюнктивальный мешок попадает недостаточное количество лекарственного препарата. В перспективе достичь необходимого снижения ВГД не удастся. Это приводит к снижению комплаенса пациента [4].

При подборе гипотензивной терапии достичь уровня «давления цели» не удастся ввиду длительности заболевания и наличия рефрактерных форм глаукомы. Происходит дальнейшее прогрессирование оптической нейропатии вплоть до полной потери зрительных функций.

В таких случаях оптимальным выбором являются хирургические методы лечения глаукомы. Считается, что оперативное вмешательство является

наиболее надежным методом достижения уровня ВГД. Однако малая предсказуемость гипотензивного эффекта, отсутствие длительной компенсации ВГД, индивидуальные особенности пациентов, специальная предоперационная подготовка, осложнения в интра- и послеоперационном периоде создают сложности в лечении.

Одним из перспективных современных методик хирургического лечения является микроимпульсная транссклеральная диод-лазерная циклофотокоагуляция (МЦФК).

Суть метода заключается в доставке серии коротких и повторяющихся импульсов энергии лазера с длиной волны 810 нм в цилиарное тело с помощью специального зонда. Лазер работает в цикле «включения» и «выключения». Это позволяет регулировать степень термического повреждения ресничного эпителия. Во время цикла «включения» импульсы в пигментном слое ресничного эпителия поглощаются меланином. Таким образом, тепловая энергия накапливается в пигментированных структурах, позволяя беспигментным тканям не перегреваться, так как они имеют сниженный порог поглощения тепла. Во время режима «выключения» соседние участки способствуют охлаждению тех участков, на которое оказывалось термическое воздействие. Данный механизм позволяет защитить цилиарное тело от избыточного повреждения. Следует отметить, что термическое воздействие активирует цепь клеточных биохимических механизмов воспаления, увеличивая, тем самым, проницаемость клеточных мембран цилиарного тела [8]. Некоторые авторы выдвигают предположение о «пилокарпиновом эффекте» МЦФК, из-за которого происходит увеличение увеосклерального пути оттока и улучшение эвакуации внутриглазной жидкости. Энергия, лазера воздействуя на структуры цилиарного тела, вызывает временный спазм мышечных волокон и смещение склеральной шпоры кнутри и в заднем направлении [9]. Эффект снижения ВГД при МЦФК достигается за счет воздействия нескольких механизмов. Метод микроимпульсного воздействия доставляет энергию лазера в заданную область. Повреждение окружающих тканей при этом сведено к минимуму. По данным F. Sanchez и соавт., положительный эффект на снижение уровня ВГД в среднем составляет 30%...45% от исходного уровня [9–12]. К достоинствам методики относятся неинвазивность, удобство выполнения манипуляции в амбулаторных условиях и низкая вероятность послеоперационных осложнений.

Предшественником данного вида лечения служила традиционная лазерная циклофотокоагуляция (ЛЦК). Однако работа лазерного зонда в непрерывном режиме вызывает сложности в дозировании коагуляционного эффекта, что приводит к излишней травматизации и атрофии цилиарного тела. По данным литературы, высок процент осложнений

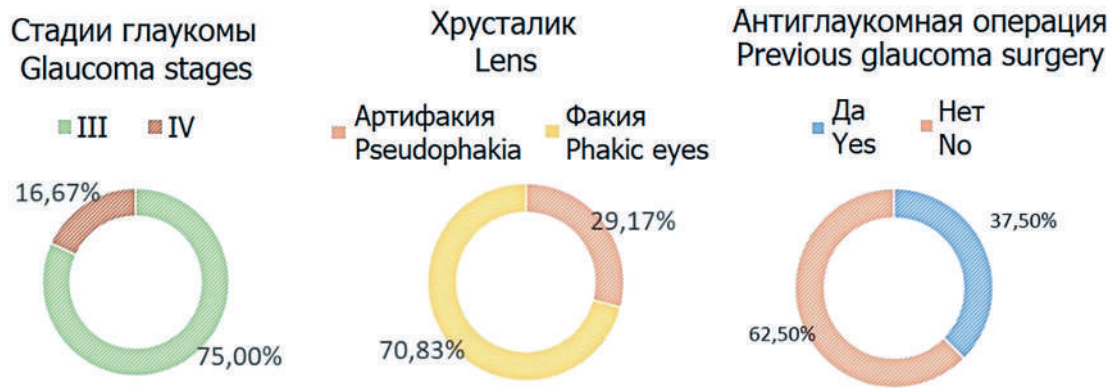


Рис. 1. Особенности анамнеза пациентов, у которых не удалось достичь «давления цели».

Fig. 1. Features of the anamnesis of patients who failed to achieve the target pressure.

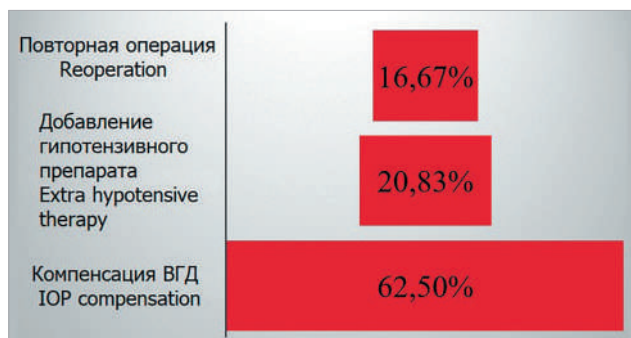


Рис. 2. Результат применения фиксированной комбинации.

Fig. 2. The results of using the fixed combination.

из-за передозировки лазерной энергии, диапазоны которой варьируют в широких пределах по мощности, экспозиции и зоне воздействия.

Так как методика мЦФК является новой, она имеет широкий диапазон параметров. Множество работ направлено на изучение мощности, времени экспозиции, интра- и послеоперационных осложнений данной операции. Однако, в отличие от традиционной ЛЦК, процент осложнений остается низким [8, 9].

Показаниями для мЦФК являются все формы первичных и вторичных глауком. Среди противопоказаний можно выделить: абсолютные — альбинизм, относительные — острые воспалительные заболевания, злокачественные новообразования, состояния иммунодефицита. Осложнениями, по данным литературы, являлись воспалительный процесс в передней камере, снижение зрительных функций, наличие болевого синдрома, гифема, отек эндотелия роговицы, кистозный макулярный отек, гипотония, а также отслойка сосудистой оболочки и субатрофия глазного яблока [10].

Несмотря на вышеизложенные преимущества данной методики и ее высокую эффективность, вследствие индивидуальных особенностей пациентов в ряде случаев достигнуть целевого снижения ВГД не удастся.

Актуальность нашей работы заключается в разработке схемы ведения пациентов, у которых после проведения мЦФК не удалось достигнуть «давления цели».

Цель исследования — оценить клиническую эффективность и безопасность использования комбинированного гипотензивного препарата Бримайда Дуо (бримонидина тартрат 2 мг/мл + тимолола

Таблица 1. Количество гипотензивных препаратов в режиме у исследуемой группы с отсутствием «давления цели».

Table 1. Number of antihypertensive drugs in the therapy regimen of study patients who did not achieve the target pressure.

Количество гипотензивных препаратов Number of antihypertensive drugs	Количество пациентов Number of patients	Процентное соотношение Percentage ratio
1 препарат / 1 drug	2 пациента / 2 patients	8,33%
2 препарата / 2 drugs	5 пациентов / 5 patients	20,83%
3 препарата / 3 drugs	12 пациентов / 12 patients	50%
4 препарата / 4 drugs	5 пациентов / 5 patients	20,83%

малеат 5 мг/мл) для снижения ВГД у пациентов с развитой и далекозашедшей формами глаукомы (ПОУГ) при отсутствии достижения «давления цели» после проведения мЦФК.

Материалы и методы

Проведено клиническое исследование 100 пациентов (104 глаз) с ПОУГ в возрасте от 35 до 86 лет, из них 54,17% мужчин и 45,83% женщин. Обследование пациентов включало: сбор анамнеза, визометрию, компьютерную периметрию с помощью периметра «Периком», пневмотонометрию, биомикроскопию, гониоскопию, офтальмоскопию.

При проведении обследования были выявлены особенности в анамнезе пациентов. В частности, наблюдались такие заболевания, как сахарный диабет, гипертоническая болезнь, гипотиреоз, хроническая болезнь почек, ишемическая болезнь сердца, являющиеся отягощающим фактором для течения глаукомы. Кроме того, пациенты имели длительный анамнез течения глаукомы, низкие показатели максимально корригируемой остроты зрения (МКОЗ), а также неэффективность консервативного лечения и ранее перенесенные антиглаукомные операции различного типа. Учитывая преобладание пациентов пожилого возраста среди исследуемых, у большинства из них была проведена замена хрусталика с имплантацией интраокулярной линзы.

Все вышеперечисленные особенности позволяют сделать вывод о наличии рефрактерной формы течения глаукомы. Поэтому операцией выбора у всех пациентов являлась мЦФК.

Всем пациентам была выполнена данное оперативное вмешательство в индивидуальном режиме по стандартной методике с использованием лазера CYCLO G6 Glaucoma Laser System («IRIDEX», США) и зонда Micro Pulse Plana Probe («IRIDEX», США). Срок наблюдения составил 3 месяца.

После вмешательства пациентов наблюдали на 1, 7 и 14 сутки, далее через 1 и 3 месяца.

Среди всего числа пациентов в 23,08% случаев (24 пациента) после проведения мЦФК, вследствие отсутствия компенсации ВГД в послеоперационном периоде потребовалось назначение комбинированного гипотензивного препарата.

За основу был взят комбинированный гипотензивный препарат Бримайза Дуо, содержащий бримонидин 2 мг/мл (селективный агонист α_2 -адренорецепторов) + тимолол 5 мг/мл (неселективный β -блокатор). Таким образом, лекарственная терапия была направлена на поддержание необходимого уровня ВГД путем регуляции продукции и оттока водянистой влаги.

Среди пациентов, которым потребовалось назначение комбинированной терапии, доля пациентов с далекозашедшей стадией глаукомы составила 83,3% (20 глаз), с терминальной — 16,7%

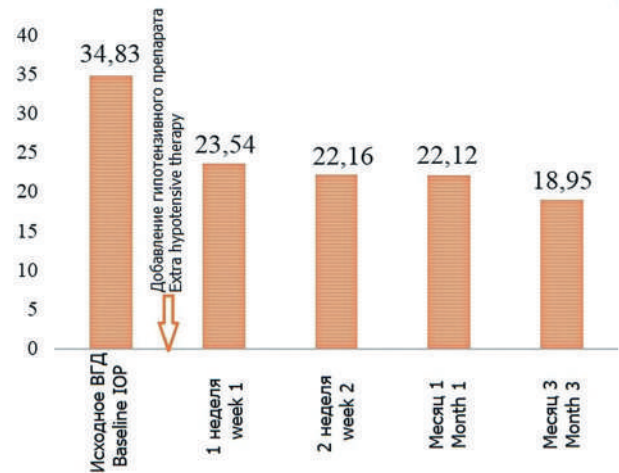


Рис. 3. Динамика снижения ВГД в исследуемой группе, мм рт.ст.

Fig. 3. Reduction of IOP in the study group, mm Hg.

(4 глаза). Пациентов со светлой радужкой было 14 (58,33%), с темной — 10 (41,67%). Максимальная острота зрения составила от *pr. l. incertae* и до 0,8, в среднем $0,3 \pm 0,17$. В анамнезе у вышеуказанных пациентов ранее были выполнены антиглаукомные операции различного типа: доля оперированных составила 37,5%, ранее не оперированных — 62,5%. На долю глаз с артефакцией пришлось 70,83%, с нативным хрусталиком — 29,17% (рис. 1).

Среднее количество гипотензивных препаратов для нормализации внутриглазного давления до операции составило: 1 препарат — 8,33% (2 пациента), 2 препарата — 20,83% (5 пациентов), 3 препарата — 50% (12 пациентов), 4 препарата — 20,83% (5 пациентов) (табл. 1).

При гониоскопии угол передней камеры с узким профилем — до 1–2 степени — обнаружен на 11 глазах, 2–3 степени — на 13 глазах.

Методика операции

мЦФК проводилась с использованием консоли CYCLO G6 Glaucoma Laser System и зонда Micro Pulse Plana Probe (IRIDEX, США). Параметры лазерного воздействия: длина волны 810 нм, энергия импульса от 2500 до 3000 мВт, экспозиция 40 с на квадрант, рабочий цикл 31,3%. По лимбу экстрасклеральными наносились в непрерывном режиме коагуляты на верхней и нижней полусферах глазного яблока, исключая зоны на 3 и 9 часах. Под конъюнктиву производилась инъекция *Sol. Dexametasoni* 0,4% 0,5 и раствор антибиотика с целью предупреждения инфекционных осложнений. В завершении накладывалась асептическая монокулярная повязка. В послеоперационном периоде назначались капли: Бримайза Дуо 2 раза в день, комбинация дексаметазона и тобрамицина 3 раза в день в течение 2 недель, Окофенак 1 раз в день в течение 1 месяца, а также с целью кератопroteкции — Корнерегель 2 раза в день в течение 2 недель.

Таблица 2. Распределение по уровню ВГД в процентах.
Table 2. Distribution by IOP levels, in percentages.

ВГД, мм рт.ст. IOP, mm Hg	Неделя 1 Week 1	Неделя 2 Week 2	Месяц 1 Month 1	Месяц 3 Month 3
<20	45,83%	45,83%	62,5%	70,83%
20–25	16,67%	20,83%	8,33%	25%
25–30	25%	12,5%	16,67%	4,17%
>30	8,33%	8,33%	8,33%	–

Таблица 3. Среднее значение уровня ВГД в разные периоды наблюдения.
Table 3. Averal IOP values at different observation times.

Срок наблюдения / Follow-up time	ВГД, мм рт.ст. / IOP, mm Hg
Неделя 1 / Week 1	16–35 (в среднем 23,54±4,8) / (mean 23.54±4.8)
Неделя 2 / Week 2	13–45 (в среднем 22,11±4,65) / (mean 22.11±4.65)
Месяц 1 / Month 1	16–45 (в среднем 22,11±4,65) / (mean 22.11±4.65)
Месяц 3 / Month 3	13–26 (в среднем 18,11±2,04) / (mean 18.11±2.04)

Результаты и обсуждение

В подгруппе пациентов, составившей 23,08% случаев (24 пациента), в послеоперационном периоде оценивали жалобы, исследовали МКОЗ и офтальмологический статус.

Операции прошли без осложнений. В раннем послеоперационном периоде в 5 глазах наблюдался эффект Тиндаля 1 степени. В 2 глазах отмечался отек роговицы и складки десцеметовой оболочки.

Результаты измерения ВГД представлены в таблицах 2 и 3. Во все сроки наблюдения МКОЗ не изменялась. В среднем максимально корригируемая острота зрения (МКОЗ) через 3 месяца наблюдения составляла 0,3.

После месяца наблюдений 5 пациентам (20,83%) вследствие отсутствия «давления цели» был добавлен дополнительный гипотензивный препарат — латанопрост 0,005% в режиме 1 капли на ночь. Повторная операция была рекомендована и проведена 4 пациентам (16,67%), из них 1 пациенту была выполнена непроникающая глубокая синустрабекулэктомия (НГСЭ), 3 пациентам — повторная мЦФК в индивидуальном режиме (рис. 2).

Заключение

мЦФК является безопасным и эффективным методом снижения ВГД у пациентов с продвинутой стадиями глаукомы. Неинвазивность данной методики позволяет ускорить сроки восстановления после хирургического вмешательства, а также снизить число послеоперационных осложнений. В случае отсутствия «давления цели» после операции применение фиксированной комбинации бримонидина и тимолола (Бримайза Дуо) показало свою эффективность в 62,5% случаях. При применении Бримайзы Дуо побочных эффектов выявлено не было. Применение данной фиксированной комбинации позволяет задействовать оба гипотензивных механизма — уменьшить продукцию и активировать увеосклеральный отток внутриглазной жидкости, а также в два раза снизить токсическую нагрузку консервантами на глазную поверхность.

Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования: Алексеев И.Б.

Сбор и обработка материала: Купцова В.А., Берлова В.А., Алексеева Л.И.

Статистическая обработка: Берлова В.А., Алексеева Л.И.

Написание статьи: Алексеев В.А., Купцова В.А.

Редактирование: Алексеев И.Б.

Литература

1. Дробышева И.С. Наш опыт лечения рефрактерной терминальной глаукомы. *Вестник ТГУ* 2016; 21(4):1525-1528. <https://doi.org/10.20310/1810-0198-2016-21-4-1525-1528>
2. Национальное руководство по глаукоме: для практикующих врачей. Под ред. Егорова Е.А., Астахова Ю.С., Еричева В.П. 3-е изд., испр. и доп. М: ГЭОТАР-Медиа 2015, 456.
3. Мовсисян А.Б., Куроедов А.В., Архаров М.А. и др. Эпидемиологический анализ заболеваемости и распространенности первичной открытоугольной глаукомы в Российской Федерации. *РМЖ Клиническая офтальмология* 2022; 22(1):3-10. <https://doi.org/10.32364/2311-7729-2022-22-1-3-10>
4. Еричев В.П., Петров С.Ю., Волжанин А.В., Казарян С.А. Длительная терапия противоглаукомными препаратами как фактор риска развития синдрома сухого глаза. *Вестник офтальмологии* 2019; 135(6):117123. <https://doi.org/10.17116/oftalma2019135061117>
5. Швайликова И.Е., Беликова Е.И., Корнеева А.В. Результаты применения транссклеральной диодлазерной циклофотокоагуляции в микроимпульсном режиме у пациентов с первичной субкомпенсированной открытоугольной глаукомой и токсико-аллергическим синдромом глазной поверхности. *Офтальмология* 2021; 18(1):77-82. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2021-1-77-82>
6. Швайликова И.Е. Персонализированный подход к проведению микроимпульсной циклофотокоагуляции у пациентов с открытоугольной нестабилизированной глаукомой развитой и далеко зашедшей стадий. *Эффективная фармакотерапия* 2022; 18(20):6-10. <https://doi.org/10.33978/2307-3586-2022-18-20-6-10>
7. Беликова Е.И., Швайликова И.Е. Персонализированный подход к проведению микроимпульсной циклофотокоагуляции у пациентов с открытоугольной нестабилизированной терминальной глаукомой. *Эффективная фармакотерапия* 2022; 18 (20):12-14. <https://doi.org/10.33978/2307-3586-2022-18-20-12-14>
8. Ходжаев Н.С., Сидорова А.В., Старостина А.В., Елисева М.А. Микроимпульсная транссклеральная циклофотокоагуляция в лечении глаукомы. *Российский офтальмологический журнал* 2020; 13(2):105-111. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2020-13-2-105-111>
9. Varikuti, Venkata N.V., S. Parth, R. Oshin, A.C. Outcomes of Micropulse Transscleral Cyclophotocoagulation in Eyes With Good Central Vision. *Journal of Glaucoma* 2019; 28(10):901-905. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000001339>
10. Sanchez F.G., Peirano-Bonomi J.C., Grippo T.M. Micropulse transscleral cyclophotocoagulation: a hypothesis for the ideal parameters. *Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol* 2018; 7(3):94-100.
11. Williams A.L., Moster M.R., Rahmatnejad K., et al. Clinical efficacy and safety profile of micropulse trans-scleral cyclophotocoagulation in refractory glaucoma. *J Glaucoma* 2018; 27(5):445-449. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000000934>
12. Sarrafpour S., Saleh D., Ayoub S., Radcliffe N.M. et al. Micropulse Transscleral Cyclophotocoagulation: A Look at Long-Term Effectiveness and Outcomes. *Ophthalmology Glaucoma* 2019; 167-171. <https://doi.org/10.1016/j.ogla.2019.02.002>

References

1. Drobysheva I.S. Our experience in the treatment of refractory terminal glaucoma. *Vestnik TGU* 2016; 21(4):1525-1528. <https://doi.org/10.20310/1810-0198-2016-21-4-1525-1528>
2. National guide to glaucoma: for practicing doctors. Eds. Egorov E.A., Astakhov Yu.S., Eriчев V.P. 3rd ed., corrected and enhanced. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2015. 456 p.
3. Movsisyan A.B., Kuroedov A.V., Arkharov M.A. et al. Epidemiological analysis primary open-angle glaucoma incidence and prevalence in Russia. *RMJ Clinical Ophthalmology* 2022; 22(1):3-10. <https://doi.org/10.32364/2311-7729-2022-22-1-3-10>
4. Eriчев VP, Petrov Slu, Volzhanin AV, Ghazaryan SA. Continuous anti-glaucoma drug therapy as a risk factor of dry eye. *Vestnik Oftalmologii*. 2019; 135(6):117123. <https://doi.org/10.17116/oftalma2019135061117>
5. Shvailikova I.E., Belikova E.I., Korneeva A.V. The Results of Transscleral Diode Laser Cyclophotocoagulation in Micropulse Mode Treatment in Patients with Primary Subcompensated Open-Angle Glaucoma and Toxic-Allergic Syndrome of the Ocular Surface. *Ophthalmology in Russia* 2021; 18(1):77-82. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2021-1-77-82>
6. Shvailikova I.E. The Personalized Approach to the Micro-Pulse Cyclophotocoagulation in Patients with Open-Angle Unstabilized Glaucoma of Advanced and Advanced Stage. *Effective pharmacotherapy* 2022; 18(20):6-10. <https://doi.org/10.33978/2307-3586-2022-18-20-6-10>
7. Belikova E.I., Shvailikova I.E. Personalized Approach to Micropulse Cyclophotocoagulation in Patients with Open-Angle Non-Stabilized Terminal Glaucoma. *Effective pharmacotherapy* 2022; 18 (20):12-14. <https://doi.org/10.33978/2307-3586-2022-18-20-12-14>
8. Khodzhaev N.S., Sidorova A.V., Starostina A.V., Eliseeva M.A. Micropulse transscleral cyclophotocoagulation for the treatment of glaucoma. *Russian ophthalmological journal* 2020; 13(2):105-111. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2020-13-2-105-111>
9. Varikuti, Venkata N.V., S. Parth, R. Oshin, A.C. Outcomes of Micropulse Transscleral Cyclophotocoagulation in Eyes With Good Central Vision. *Journal of Glaucoma* 2019; 28(10):901-905. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000001339>
10. Sanchez F.G., Peirano-Bonomi J.C., Grippo T.M. Micropulse transscleral cyclophotocoagulation: a hypothesis for the ideal parameters. *Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol* 2018; 7(3):94-100.
11. Williams A.L., Moster M.R., Rahmatnejad K., et al. Clinical efficacy and safety profile of micropulse trans-scleral cyclophotocoagulation in refractory glaucoma. *J Glaucoma* 2018; 27(5):445-449. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000000934>
12. Sarrafpour S., Saleh D., Ayoub S., Radcliffe N.M. et al. Micropulse Transscleral Cyclophotocoagulation: A Look at Long-Term Effectiveness and Outcomes. *Ophthalmology Glaucoma* 2019; 167-171. <https://doi.org/10.1016/j.ogla.2019.02.002>

Возрастная динамика прироста толщины хрусталика и изменений профиля угла передней камеры у пациентов с осевой гиперметропией средней и высокой степеней

Коленко О.В., д.м.н., директор¹, заведующий кафедрой офтальмологии², профессор кафедры общей и клинической хирургии³; <https://orcid.org/0000-0001-7501-5571>

Сорокин Е.Л., д.м.н., профессор, заместитель директора по научной работе¹, профессор кафедры общей и клинической хирургии³; <https://orcid.org/0000-0002-2028-1140>

Пашенцев Я.Е., младший научный сотрудник¹; <https://orcid.org/0000-0001-5446-0633>

Самохвалов Н.В., врач-офтальмолог 1-го офтальмологического отделения¹.
<https://orcid.org/0000-0001-9784-6325>

¹Хабаровский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, 680033, Российская Федерация, Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 211;

²КГБОУ ДПО «Институт повышения квалификации специалистов здравоохранения» министерства здравоохранения Хабаровского края, 680009, Российская Федерация, Хабаровск, ул. Краснодарская, 9;

³ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный медицинский университет» Минздрава России, 680000, Российская Федерация, Хабаровск, ул. Муравьёва-Амурского, 35.

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

Конфликт интересов: отсутствует.

Для цитирования: Коленко О.В., Сорокин Е.Л., Пашенцев Я.Е., Самохвалов Н.В. Возрастная динамика прироста толщины хрусталика и изменений профиля угла передней камеры у пациентов с осевой гиперметропией средней и высокой степеней. *Национальный журнал глаукома*. 2024; 23(1):36-43.

Резюме

ЦЕЛЬ. Выяснение возрастной динамики прироста толщины хрусталика (ТХ), уменьшения глубины передней камеры (ПК) и угла передней камеры (УПК) при короткой передне-задней оси (ПЗО).

МЕТОДЫ. 100 пациентов (200 глаз) с короткой ПЗО (от 23 мм и менее), с прозрачным хрусталиком либо с начальной стадией возрастной катаракты: 46 мужчин и 54 женщины, от 19 до 85 лет. С помощью оптической когерентной томографии оценивали ТХ, глубину ПК и ширину УПК.

РЕЗУЛЬТАТЫ. В общей совокупности пациентов ТХ увеличивалась в среднем на 32 мкм в год. При этом показатели ПК и УПК уменьшаются в среднем на 14 мкм и 0,3° в год, соответственно ($p < 0,001$).

У мужчин ТХ увеличивается на 35 мкм в год, в то время как у женщин — на 29 мкм в год, разница статистически не значима ($p = 0,071$). Но уменьшение величины УПК у мужчин составляло в среднем 0,38° в год, в то время как у женщин — 0,23° в год, разница статистически значима ($p = 0,003$). Кроме того, скорость уменьшения глубины ПК

у мужчин и женщин также статистически значимо различались: 18 мкм против 11 мкм в год ($p = 0,018$).

ВЫВОДЫ. 1. По нашим данным, ежегодное увеличение ТХ в глазах с короткой ПЗО составляет в среднем 32 мкм, уменьшение глубины ПК и УПК — в среднем на 14 мкм и 0,3° в год, соответственно.

2. Нами не обнаружено статистически значимой гендерной разницы скорости ежегодного прироста ТХ, хотя при этом скорость уменьшения УПК и глубины ПК у мужчин оказалась статистически значимо более высокой.

3. Полученные данные о ежегодной динамике морфометрических показателей ТХ, УПК и ПК в глазах с короткой ПЗО являются ключевыми при формировании первичной закрытоугольной глаукомы (ПЗУГ). Они могут позволить более объективно осуществлять примерный расчет сроков формирования повышенного риска ПЗУГ в каждом конкретном случае.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: гиперметропия, первичное закрытие угла передней камеры, первичная закрытоугольная глаукома, рост хрусталика, угол передней камеры.

Для контактов:

Самохвалов Николай Владимирович, e-mail: naukakhvmntk@mail.ru

ORIGINAL ARTICLE

Age-related increase in lens thickness and changes in the profile of anterior chamber angle in patients with moderate and high axial hyperopia

KOLENKO O.V., Dr. Sci. (Med.), Director¹, Head of the Academic Department of Ophthalmology²; <https://orcid.org/0000-0001-7501-5571>

SOROKIN E.L., Dr. Sci. (Med.), Professor, Deputy Head for Scientific Work¹, Professor at the Academic Department of General and Clinical Surgery³; <https://orcid.org/0000-0002-2028-1140>

PASHENTSEV I.A., junior researcher¹; <https://orcid.org/0000-0001-5446-0633>

SAMOKHVALOV N.V., ophthalmologist at the 1st Ophthalmological Department¹. <https://orcid.org/0000-0001-9784-6325>

¹Khabarovsk branch of S.N. Fedorov National Medical Research Center "MNTK "Eye Microsurgery", 211 Tikhookeanskaya St., Khabarovsk, Russian Federation, 680033;

²Institute of Continuing Education for Medical Specialists, 9 Krasnodarskaya St., Khabarovsk, Russian Federation, 680000;

³Far-Eastern State Medical University, 35 Muravyova-Amurskogo St., Khabarovsk, Russian Federation, 680000.

Funding: the authors received no specific funding for this work.

Conflicts of Interest: none declared.

For citations: Kolenko O.V., Sorokin E.L., Pashentsev I.A., Samokhvalov N.V. Age-related increase in lens thickness and changes in the profile of anterior chamber angle in patients with moderate and high axial hyperopia. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma*. 2024; 23(1):36-43.

Abstract

PURPOSE. To determine the age-related increase in lens thickness (LT), decrease in anterior chamber depth (ACD) and anterior chamber angle (ACA) in patients with short axial length (APA) of the eyes.

METHODS. The study included 100 patients (200 eyes) with short AL (23 mm or less), with a transparent lens or with initial stage of age-related cataract: 46 men and 54 women, aged 19 to 85 years. The LT and ACD, ACA parameters were assessed using optical coherence tomography.

RESULTS. In the total population of patients, LT increased by an average of 32 μ m per year. At the same time, ACD and ACA decreased by an average of 14 μ m and 0.3° per year, respectively ($p < 0.001$).

In men, LT increased by 35 μ m per year, while in women it increased by 29 μ m per year, the difference was not statistically significant ($p = 0.071$). But the decrease in ACA in men averaged 0.38° per year, while in women it was 0.23° per year, this difference was statistically significant ($p = 0.003$). In addition, the rate of decrease in the ACD

in men and women also differed statistically significantly: 18 μ m versus 11 μ m per year ($p = 0.018$).

CONCLUSION. 1. According to our data, the annual increase in LT in eyes with short AL averages 32 μ m, the decrease in ACD and ACA is on average 14 μ m and 0.3° per year, respectively.

2. We did not find a statistically significant gender difference in the rate of annual increase in LT, although the rate of decrease in ACA and ACD in men turned out to be statistically significantly higher.

3. The obtained data on the annual changes in such morphometric parameters as LT, ACA and ACD in eyes with short AL are key in the formation of primary angle-closure glaucoma (PACG). It may allow a more precise prediction of the timeline of an increased risk of PACG in each particular case.

KEYWORDS: hypermetropia, primary anterior chamber angle closure, primary angle-closure glaucoma, lens growth, anterior chamber angle.

Одним из тяжелых состояний, приводящим к необратимой слепоте и слабовидению, относится первичная закрытоугольная глаукома (ПЗУГ) и особенно ее острый приступ [1]. Наиболее часто подобные состояния возникают в анатомически «коротких» глазах. Как правило, эти пациенты имеют гиперметропическую рефракцию средней и высокой степеней [2–5].

Анатомически «короткие» глаза, как известно, отличаются целым рядом характерных анатомо-морфометрических особенностей: короткая передне-задняя ось (ПЗО), «объемный» хрусталик, «мелкая» передняя камера (ПК), «узкий» профиль угла передней камеры (УПК) и т.д. [6–8].

По мнению Sakai H. (2002) и других авторов, основным фактором риска закрытия УПК в глазах

Таблица 1. Данные литературы о ежегодном приросте ТХ.
Table 1. Literature data on the yearly increase in LT.

Автор / Author	Материал / Material	Метод / Method	Результат / Result
Atchison D. et al. [16]	Эмметропы (в основном европеоиды), 18–69 лет <i>Emmetropes (mostly Caucasoids), 18–69 years old</i>	УЗ / US	ТХ — 24 мкм/год ПК — 11 мкм/год LT — 24 $\mu\text{m}/\text{year}$ ACD — 11 $\mu\text{m}/\text{year}$
Jones C. et al. [17]	Эмметропы и миопы (австралийцы), 18–59 лет <i>Emmetropes and myopes (Australians), 18–59 years</i>	MPT / MRI	ТХ — 18 мкм/год LT — 18 $\mu\text{m}/\text{year}$
Praveen M. et al. [18]	Популяция (индусы), старше 25 лет <i>Population (Indians), over 25 years old</i>	A-скан УЗ A-scan US	ТХ — 15,5 мкм/год LT — 15.5 $\mu\text{m}/\text{year}$
Sun J. et al. [19]	Популяция (корейцы), 30–89 лет <i>Population (Koreans), 30–89 years</i>	ОКТ / OCT	ПК — 12 мкм/год ACD — 12 $\mu\text{m}/\text{year}$
Richdale K. et al. [20]	Популяция (американцы), 36–50 лет <i>Population (Americans), 36–50 years</i>	ОКТ / OCT	ТХ — 21 мкм/год LT — 15.5 $\mu\text{m}/\text{year}$
Schuster A et al. [21]	Популяция (немцы), 40–79 лет <i>Population (Germans), 40–79 years</i>	Шаймпфлюг Scheimpflug	УПК — 0,1°/год ACA — 0.1°/year

Примечание: УЗ — ультразвук, ОКТ — оптическая когерентная томография, МРТ — магнитно-резонансная томография.

Note: US — ultrasound, OCT — optical coherence tomography, MRI — magnetic resonance imaging.

с короткой ПЗО является более «толстый» хрусталик и небольшая глубина ПК [2–4].

По данным Mohamed A. (2021), в «коротких» глазах экваториальный диаметр хрусталика меньше, а толщина больше, что является негативным фактором в плане рисков развития нарушений гидродинамики [9].

Исходя из этого, выделяют три клинические формы ПЗУГ: подозрение на первичное закрытие УПК (определяемое как потенциальная возможность закрытия), первичное закрытие УПК и, собственно, ПЗУГ — закрытие УПК с формированием специфической глаукомной нейрооптикопатии [10].

К настоящему времени доказано, что фактором высокого риска ПЗУГ является первичное закрытие УПК. Данное состояние достаточно часто встречается у практически здоровых гиперметропов [11–12]. Под ним понимается наличие протяженного функционального блока УПК корнем радужной оболочки, занимающего не менее 2 квадрантов (иридотрабекулярный контакт), с возможными эпизодами повышения уровня внутриглазного давления (ВГД), но при отсутствии специфической глаукомной нейрооптикопатии и изменений в полях зрения [13–14].

Доказано, что одним из основных факторов риска блокады УПК у пациентов с «короткой» ПЗО является несоразмерно большой объем хрусталика для относительно небольшого объема глазного

яблока [15]. Механизм блокады УПК при данном состоянии заключается в формировании функционального зрачкового блока за счет увеличения объема хрусталика и сдвига кпереди иридо-хрусталиковой диафрагмы. Поначалу это приводит к сужению бухты УПК с формированием функционального блока УПК и с эпизодическими нарушениями оттока внутриглазной жидкости. Но затем функциональный блок УПК способен перейти в органический за счет постепенного формирования гониосинехий. Органический блок УПК формирует типичную ПЗУГ, клинически характеризуясь стойким повышением уровня ВГД с формированием глаукомной нейрооптикопатии и необратимой утратой зрительных функций [6].

Ввиду этого становится очевидным, что проблема своевременного прогнозирования риска подобного состояния у пациентов с короткой ПЗО актуальна. С учетом приоритетной роли нарастающего объема хрусталика для этого, по-видимому, необходимы данные о количественных закономерностях скорости прироста толщины хрусталика (ТХ) и сужения УПК. Это могло бы помочь в объективной оценке наличия и степени риска формирования ПЗУГ и ее острого приступа.

Благодаря современным диагностическим возможностям прижизненной оценки морфометрических структур переднего отрезка глаза стало вполне возможным детальное изучение размеров хрусталика, глубины ПК, конфигурации УПК.

Таблица 2. Клинико-морфометрическая характеристика исследуемой совокупности глаз пациентов.

Table 2. Clinical and morphometric characteristics of the studied eyes.

Параметр / Parameter	M±σ или абс. / M±σ or abs.	Min-Max
Возраст, лет / Age, years	51±17	19–85
Пол, М/Ж / Gender, M/F	46/54	–
ПЗО, мм / AL, mm	21,53±0,76	20,02–22,99
ТХ, мм / LT, mm	4,45±0,59	3,22–5,71
УПК, градусы / ACA, degrees	22,7±7,2	4,9–41,8
ПК, мм / ACD, mm	2,69±0,37	1,78–3,41

В литературе имеются данные о скорости прироста ТХ в общей популяции либо отдельно у эметропов, либо у эметропов вместе с миопами. Так, целый ряд зарубежных авторов отмечают, что ежегодный прирост ТХ составляет 15–24 мкм в год (табл. 1). Однако, целенаправленных работ, посвященных скорости прироста ТХ в коротком гиперметропическом глазе, мы не встретили.

Между тем, вопрос количественной оценки возрастного нарастания объема хрусталика в анатомически коротких глазах достаточно важен, поскольку он сопряжен с постепенным уменьшением глубины ПК и сужением УПК. Эти сведения смогли бы помочь в понимании закономерностей достижения критического уровня структур переднего отрезка глаз — первичного закрытия УПК вследствие чрезмерной ТХ. Это, в свою очередь, позволит более четко и объективно осуществлять прогноз риска блокады УПК для своевременной его профилактики.

Ранее нами исследовалась площадь поперечного ультразвукового сечения хрусталика и ПК в коротких глазах в различных возрастных группах [22–24]. При этом были выяснены их количественные показатели. Но показатель ТХ нами ранее не исследовался, хотя его оценка в условиях обычной глазной клиники и даже офтальмологического кабинета поликлиники намного более проста. Нами также ранее не учитывалась динамика изменений состояния УПК, не исследовались гендерные закономерности изменений данных показателей с учетом возраста.

Цель работы — выяснение возрастной динамики прироста ТХ, уменьшения глубины ПК и УПК у пациентов с короткой ПЗО.

Материалы и методы

Методом сплошной выборки был проведен отбор 100 пациентов (200 глаз), обратившихся в нашу клинику по различным причинам (диагностическое обследование, хирургия возрастной катаракты).

Критерий отбора — наличие короткой ПЗО (от 23 мм и менее) с прозрачным хрусталиком либо с начальной стадией возрастной катаракты.

Среди пациентов было 46 мужчин и 54 женщины в возрасте от 19 до 85 лет. В данных глазах имела место осевая гиперметропия средней и высокой степеней (от +3,25 до +6,5 дптр, в среднем +4,25 дптр).

Критериями исключения являлись наличие незрелой и зрелой стадий возрастной катаракты, другой офтальмологической патологии, перенесенных травм глаз, тяжелой системной патологии.

Клинико-морфометрическая характеристика глаз пациентов представлена в табл. 2.

Была изучена возрастная динамика изучаемых показателей — ТХ, глубины ПК, конфигурации УПК.

Показатели ТХ и глубины ПК исследовались с помощью оптического когерентного биометра IOL MASTER 700, Carl Zeiss® (Германия). Погрешность измерений с помощью данного прибора значительно меньше контактной А-биометрии и составляет 0,01–0,02 мм [25].

Оценка УПК в градусах проводилась с помощью оптического когерентного томографа для переднего отрезка глаза (RS-3000, Nidek, Япония). Данный показатель исследовался в 4 квадрантах с последующим расчетом средней величины. Применялся протокол для автоматического встроенного анализа УПК ACA LINE (3,0 мм).

Все исследования выполнялись однократно.

Статистическая обработка данных выполнялась с использованием программы статистического анализа R версии 4.1.2. Описательные статистики представлены в виде $M \pm \sigma$, где M — среднее значение, σ — стандартное отклонение. Нормальность распределений проверялась с использованием критерия Шапиро – Уилка. Применялся многофакторный регрессионный анализ с использованием смешанных линейных моделей для корректного учета корреляции парных глаз (функция lmer() пакета

Таблица 3. Результаты многофакторного регрессионного анализа исследуемых параметров в зависимости от возраста с коррекцией на пол и ПЗО.

Table 3. The results of multivariate regression analysis of the studied parameters depending on age, corrected for gender and AL.

Параметр Parameter	Коэффициент регрессии Regression coefficient	Стандартная ошибка Standard error	95% доверительный интервал 95% confidence interval	Значимость Significance
ТХ, мм / LT, mm	0,032	0,001	0,029–0,035	p<0,001
УПК, градусы / ACA, degrees	-0,299	0,026	-0,350...-0,248	p<0,001
ПК, мм / ACD, mm	-0,014	0,001	-0,017...-0,011	p<0,001

Таблица 4. Результаты многофакторного регрессионного анализа исследуемых параметров в зависимости от возраста с разбивкой по полу и с коррекцией на ПЗО.

Table 4. The results of multivariate regression analysis of the studied parameters depending on age, divided by gender and corrected for AL.

Параметр Parameter		Коэффициент регрессии Regression coefficient	Стандартная ошибка Standard error	95% доверительный интервал 95% confidence interval	Отличие между М и Ж The difference between M and F
ТХ, мм / LT, mm	М/М	0,035	0,002	0,030–0,039	p=0,071
	Ж/Ж	0,029	0,002	0,025–0,033	
УПК, градусы ACA, degrees	М/М	-0,381	0,035	-0,452...-0,310	p=0,003
	Ж/Ж	-0,227	0,034	-0,295...-0,159	
ПК, мм / ACD, mm	М/М	-0,018	0,002	-0,022...-0,014	p=0,018
	Ж/Ж	-0,011	0,002	-0,014...-0,007	

lme4 в R). Также при подгонке моделей учитывались потенциальные конфаундеры. Коэффициенты регрессии и различия моделей считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

Средняя скорость динамики показателей ТХ, ПК и УПК была оценена при проведении многофакторного регрессионного анализа с использованием линейных смешанных моделей и статистической корректировкой (statistically adjust) на возможные конфаундеры (пол и ПЗО).

Результаты анализа представлены в табл. 3 и на рис. 1.

Из табл. 3 видно, что показатель ТХ в общей совокупности пациентов увеличивается в среднем на 32 мкм в год. При этом показатели ПК и УПК уменьшаются в среднем на 14 мкм и $0,3^\circ$ в год, соответственно. Все коэффициенты регрессии оказались статистически значимы ($p < 0,001$).

Учитывая тенденцию к неуклонному возрастному приросту показателя ТХ с параллельным уменьшением глубины ПК и сужением УПК, мы решили исследовать данные закономерности в зависимости от половой принадлежности пациентов.

Результаты анализа представлены в табл. 4 и на рис. 2.

Оказалось, что показатель ТХ у мужчин увеличивается на 35 мкм в год, в то время как у женщин — на 29 мкм в год, разница не является статистически значимой ($p = 0,071$). При этом уменьшение величины УПК у мужчин составляло в среднем $0,38^\circ$ в год, а у женщин — $0,23^\circ$ в год, разница оказалась статистически значимой ($p = 0,003$). Кроме того, скорость уменьшения глубины ПК у мужчин и женщин также статистически значимо различались: 18 мкм против 11 мкм в год ($p = 0,018$).

Обсуждение

Проблема формирования ПЗУГ и ее острого приступа чрезвычайно актуальна. Всё чаще публикуются исследования, подтверждающие приоритетную роль чрезмерного увеличения размеров хрусталика в анатомически коротких глазах, что создает риск закрытия УПК с формированием ПЗУГ [26–27].

Несмотря на то, что в литературе имеются сведения о возрастном приросте ТХ в общей популяции пациентов, целенаправленных исследований данной направленности для пациентов с короткой ПЗО мы не нашли.

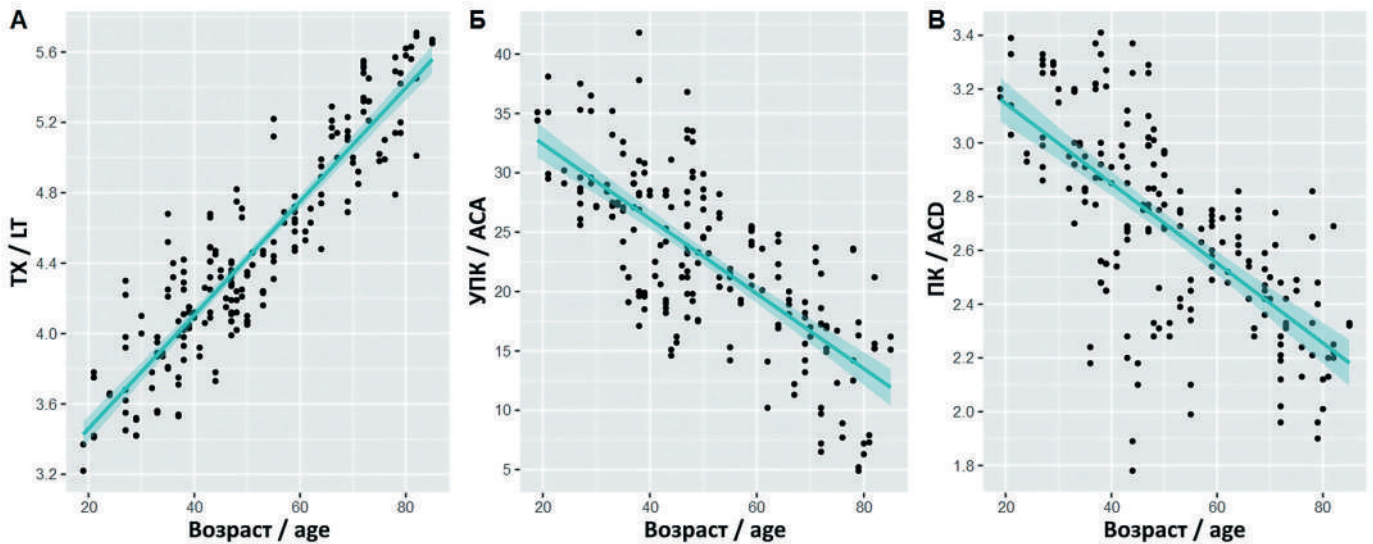


Рис. 1. Диаграммы рассеяния и линии регрессии: А — ТХ; Б — УПК; В — ПК.
Fig. 1. Scatterplots and regression lines: А — LT; Б — ACA; В — ACD.

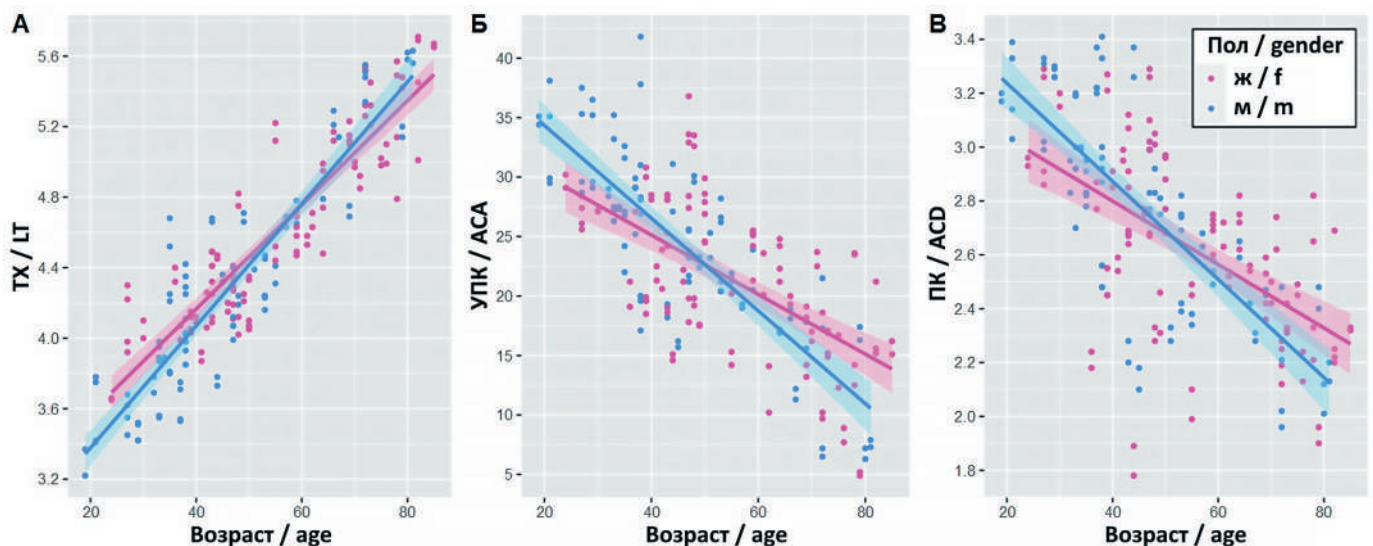


Рис. 2. Диаграммы рассеяния и линии регрессии с разбивкой по полу: А — ТХ; Б — УПК; В — ПК.
Fig. 2. Scatterplots and regression lines divided by gender: А — LT; Б — ACA; В — ACD.

В этой связи проведенное нами исследование выявило, что ежегодный показатель прироста ТХ у пациентов с короткой ПЗО составляет в среднем 32 мкм. Это несколько выше данных литературы по ежегодному приросту ТХ в общей популяции лиц (от 12 мкм до 24 мкм) [9].

По нашим данным, прирост ТХ сопровождается ежегодным уменьшением ПК и УПК в среднем на 14 мкм и $0,3^\circ$, соответственно. Полученные данные по скорости уменьшения ПК соответствуют данным литературы (табл. 1). Следует отметить, что в литературе мы нашли лишь одну работу по целенаправленной оценке скорости изменения градусной меры УПК [21]. Полученная нами скорость

уменьшения УПК значительно выше, чем в приведенном источнике ($0,3^\circ$ против $0,1^\circ$ в год). Хотя в их работе исследование выполнялось не целенаправленно для гиперметропов, а в целом по популяции.

В ряде работ, касающихся оценки состояния УПК, используются косвенные его характеристики: ширина дистанции УПК в 500–750 мкм от вершины угла и другие подобные параметры [19, 28, 29]. Но они не являются полностью идентичными параметрами градусной мере УПК.

Кроме того, при проведении исследования анатомически коротких глаз нами была выявлена интересная закономерность, заключающаяся в статистически значимом превышении скорости

уменьшения величины ПК и УПК у мужчин по сравнению с женщинами. Подобных сведений в литературе ранее нами не встречалось.

В то же время скорость увеличения ТХ у мужчин и женщин не имела статистически значимых отличий. Данную закономерность, вероятно, можно объяснить большей подверженностью к сдвигу кпереди иридо-хрусталиковой диафрагмы у мужчин. Хотя вполне вероятно и то, что при анализе большего количества клинического материала такая разница была бы обнаружена, так как р-значение 0,071 близко к 0,05.

Выводы

1. По нашим данным, ежегодное увеличение ТХ в глазах с короткой ПЗО составляет в среднем 32 мкм, уменьшение глубины ПК и УПК — в среднем на 14 мкм и 0,3° в год, соответственно.

Литература

1. Krishnadas R. Current management options in primary angle closure disease. *Indian J Ophthalmol* 2019; 67(3):321-323. https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_1932_18
2. Sakai H., Morine-Shinjo S., Shinzato M. et al. Uveal effusion in primary angle-closure glaucoma. *Ophthalmology* 2005; 112(3):413-419. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2004.08.026>
3. Lavanya R., Wong T.Y., Friedman D.S., et al. Determinants of angle closure in older Singaporeans. *Arch Ophthalmol* 2008; 126(5):686-691. <https://doi.org/10.1001/archophth.126.5.686>
4. Nongpiur M.E., Ku J.Y., Aung T. Angle closure glaucoma: a mechanistic review. *Current Opinion in Ophthalmology* 2011; 22(2):96-101. <https://doi.org/10.1097/ICU.0b013e32834372b9>
5. Самохвалов Н.В., Сорокин Е.Л., Марченко А.Н., Пашенцев Я.Е. Анатомо-морфометрические особенности структур переднего сегмента глаза при гиперметропии и риск развития первичной закрытоугольной глаукомы. *Вестник офтальмологии* 2022; 138(5):22-28. <https://doi.org/10.17116/oftalma202213805122>
6. Егорова Э.В., Бессарабов А.Н., Узунян Д.Г., Саруханян А.А. Анатомо-топографические особенности глаз при различных видах рефракции и их изменения при глаукоме по результатам ультразвуковой биомикроскопии. *Глаукома* 2006; (2):17-23.
7. Yip L.W., Aquino M.C., Chew P.T. Measurement of anterior lens growth after acute primary angle-closure glaucoma. *Can J Ophthalmol* 2007; 42(2):321-322.
8. Lowe R.F. Primary angle closure glaucoma: a review of ocular biometry. *Australian Journal of Ophthalmology* 1977; 5:9-17. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9071.1977.tb01728.x>
9. Mohamed A., Nandiyala S., Ho A., Manns F., et al. Relationship of the cornea and globe dimensions to the changes in adult human crystalline lens diameter, thickness and power with age. *Exp Eye Res* 2021; 209:108653. <https://doi.org/10.1016/j.exer.2021.108653>
10. Foster P.J., Buhrmann R., Quigley H.A., Johnson G.J. The definition and classification of glaucoma in prevalence surveys. *Br J Ophthalmol* 2002; 86(2):238-242. <https://doi.org/10.1136/bjo.86.2.238>
11. Chen Y.Y., Chen Y.Y., Sheu S.J., Chou P. The biometric study in different stages of primary angle-closure glaucoma. *Eye* 2013; 27(9):1070-1076. <https://doi.org/10.1038/eye.2013.127>
12. Курьшева Н.И., Шарова Г.А. Анатомо-топографические особенности переднего и заднего сегментов глаза при ранних стадиях заболевания первичного закрытия угла. *Национальный журнал глаукома* 2023; 22(1):42-53. <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2023-22-1-42-53>
13. European glaucoma society terminology and guidelines for glaucoma, 5th Edition. *Br J Ophthalmol* 2021; 105(Suppl 1):1-169. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2021-egsguidelines>

2. Нами не обнаружено статистически значимой гендерной разницы скорости ежегодного прироста ТХ, хотя при этом скорость уменьшения УПК и глубины ПК у мужчин оказалась статистически значимо более высокой.

3. Полученные данные о ежегодной динамике морфометрических показателей ТХ, УПК и ПК в глазах с короткой ПЗО являются ключевыми при формировании ПЗУГ. Они могут позволить более объективно осуществлять примерный расчет сроков формирования повышенного риска ПЗУГ в каждом конкретном случае.

Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования: Коленко О.В., Сорокин Е.Л.

Сбор и обработка материала: Самохвалов Н.В.

Статистическая обработка: Пашенцев Я.Е.

Написание статьи: Самохвалов Н.В., Пашенцев Я.Е.

Редактирование: Сорокин Е.Л.

References

1. Krishnadas R. Current management options in primary angle closure disease. *Indian J Ophthalmol* 2019; 67(3):321-323. https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_1932_18
2. Sakai H., Morine-Shinjo S., Shinzato M. et al. Uveal effusion in primary angle-closure glaucoma. *Ophthalmology* 2005; 112(3):413-419. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2004.08.026>
3. Lavanya R., Wong T.Y., Friedman D.S., et al. Determinants of angle closure in older Singaporeans. *Arch Ophthalmol* 2008; 126(5):686-691. <https://doi.org/10.1001/archophth.126.5.686>
4. Nongpiur M.E., Ku J.Y., Aung T. Angle closure glaucoma: a mechanistic review. *Current Opinion in Ophthalmology* 2011; 22(2):96-101. <https://doi.org/10.1097/ICU.0b013e32834372b9>
5. Samokhvalov N.V., Sorokin E.L., Marchenko A.N., Pashentsev Y.E. Anatomical and morphometric features of anterior eye segment structures in hyperopia and the risk of developing primary angle-closure glaucoma. *Vestnik oftalmologii* 2022; 138(5):22-28. <https://doi.org/10.17116/oftalma202213805122>
6. Egorova E.V., Bessarabov A.N., Uzunyan D.G., Saruxanyan A.A. Anatomy-topographic features of the eyes in various types of refraction and their changes in glaucoma according to the results of ultrasonic biomicroscopy. *Glaucoma* 2006; (2):17-23.
7. Yip L.W., Aquino M.C., Chew P.T. Measurement of anterior lens growth after acute primary angle-closure glaucoma. *Can J Ophthalmol* 2007; 42(2):321-322.
8. Lowe R.F. Primary angle closure glaucoma: a review of ocular biometry. *Australian Journal of Ophthalmology* 1977; 5:9-17. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9071.1977.tb01728.x>
9. Mohamed A., Nandiyala S., Ho A., Manns F., et al. Relationship of the cornea and globe dimensions to the changes in adult human crystalline lens diameter, thickness and power with age. *Exp Eye Res* 2021; 209:108653. <https://doi.org/10.1016/j.exer.2021.108653>
10. Foster P.J., Buhrmann R., Quigley H.A., Johnson G.J. The definition and classification of glaucoma in prevalence surveys. *Br J Ophthalmol* 2002; 86(2):238-242. <https://doi.org/10.1136/bjo.86.2.238>
11. Chen Y.Y., Chen Y.Y., Sheu S.J., Chou P. The biometric study in different stages of primary angle-closure glaucoma. *Eye* 2013; 27(9):1070-1076. <https://doi.org/10.1038/eye.2013.127>
12. Kuryshcheva N.I., Sharova G.A. Anatomical and topographical characteristics of the eye in the early stages of primary angle closure disease. *National journal glaucoma* 2023; 22(1):42-53. <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2023-22-1-42-53>
13. European glaucoma society terminology and guidelines for glaucoma, 5th Edition. *Br J Ophthalmol* 2021; 105(Suppl 1):1-169. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2021-egsguidelines>

14. Национальное руководство по глаукоме для практикующих врачей. Изд. 4-е, испр. и доп. Под ред. Егорова Е.А., Еричева В.П. М: ГЭОТАР-Медиа 2019; 384.
15. Коленко О.В., Сорокин Е.Л., Пашенцев Я.Е., Марченко А.Н., Самохвалов Н.В. Биометрические факторы риска возникновения острого приступа глаукомы. *Национальный журнал глаукома* 2022; 21(2):3-9. <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2022-21-2-3-9>
16. Atchison D.A., Markwell E.L., Kasthurirangan S., Pope J.M., et al. Age-related changes in optical and biometric characteristics of emmetropic eyes. *J Vis* 2008; 28;8(4):29.1-20. <https://doi.org/10.1167/8.4.29>
17. Jones C.E., Atchison D.A., Pope J.M. Changes in lens dimensions and refractive index with age and accommodation. *Optom Vis Sci* 2007; 84(10):990-995. <https://doi.org/10.1097/OPX.0b013e318157c6b5>
18. Praveen M.R., Vasavada A.R., Shah S.K., Shah C.B., et al. Lens thickness of Indian eyes: impact of isolated lens opacity, age, axial length, and influence on anterior chamber depth. *Eye* 2009; 23(7):1542-1548. <https://doi.org/10.1038/eye.2008.315>
19. Sun J.H., Sung K.R., Yun S.C., Cheon M.H., et al. Factors associated with anterior chamber narrowing with age: an optical coherence tomography study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2012; 53(6):2607-2610. <https://doi.org/10.1167/iovs.11-9359>
20. Richdale K., Bullimore M.A., Zadnik K. Lens thickness with age and accommodation by optical coherence tomography. *Ophthalmic Physiol Opt* 2008; 28(5):441-447. <https://doi.org/10.1111/j.1475-1313.2008.00594.x>
21. Schuster A.K., Pfeiffer N., Nickels S., Schulz A., et al. Distribution of anterior chamber angle width and correlation with age, refraction, and anterior chamber depth-The Gutenberg Health Study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2016; 57(8):3740-3746. <https://doi.org/10.1167/iovs.16-19600>
22. Марченко А.Н., Сорокин Е.Л., Пашенцев Я.Е. Анатомические соотношения структур переднего отрезка глазного яблока при короткой передне-задней оси глаза в различные возрастные периоды жизни. *Современные технологии в офтальмологии* 2017; 7:62-64.
23. Марченко А.Н., Сорокин Е.Л., Пашенцев Я.Е. Эффективность системы прогнозирования риска развития острого приступа закрытоугольной глаукомы. *Вестник офтальмологии* 2019; 135(1):47-52. <https://doi.org/10.17116/oftalma201913501147>
24. Сорокин Е.Л., Марченко А.Н., Пашенцев Я.Е. Факоэмульсификация в профилактике острого приступа закрытоугольной глаукомы. *Вестник офтальмологии* 2022; 138(2):37-46. <https://doi.org/10.17116/oftalma202213802137>
25. Hill W., Angeles R., Otani T. Evaluation of a new IOLMaster algorithm to measure axial length. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34(6):920-924. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2008.02.021>
26. Сорокин Е.Л., Марченко А.Н., Данилов О.В. Роль и клиническое значение факоморфического компонента в формировании первичной закрытоугольной глаукомы при утолщенной форме хрусталика (к вопросу о генезе закрытоугольной глаукомы). Сообщение 1. *Офтальмохирургия* 2014; (1):53-59.
27. Сорокин Е.Л., Марченко А.Н., Данилов О.В. Роль и клиническое значение факоморфического компонента в формировании первичной закрытоугольной глаукомы при синдроме плоской радужки (к вопросу о генезе закрытоугольной глаукомы). Сообщение 2. *Офтальмохирургия* 2014; (3):67-72.
28. Cheon M.H., Sung K.R., Choi E.H., Kang S.Y., et al. Effect of age on anterior chamber angle configuration in Asians determined by anterior segment optical coherence tomography; clinic-based study. *Acta Ophthalmologica* 2010; 88(6):e205-e210. <https://doi.org/10.1111/j.1755-3768.2010.01960.x>
29. Xie X., Corradetti G., Song A., Pardeshi A., et al. Age- and refraction-related changes in anterior segment anatomical structures measured by swept-source anterior segment OCT. *PLoS ONE* 2020; 15(10):e0240110. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240110>
14. National guidelines for glaucoma practitioners. Ed. 4th, revised. Eds. Egorov E.A., Eriчев V.P. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2019. 384 p.
15. Kolenko O.V., Sorokin E.L., Pashentsev Y.E., Marchenko A.N., Samokhvalov N.V. Biometric risk factors for acute glaucoma attack. *National journal glaucoma* 2022; 21(2):3-9. <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2022-21-2-3-9>
16. Atchison D.A., Markwell E.L., Kasthurirangan S., Pope J.M., et al. Age-related changes in optical and biometric characteristics of emmetropic eyes. *J Vis* 2008; 28;8(4):29.1-20. <https://doi.org/10.1167/8.4.29>
17. Jones C.E., Atchison D.A., Pope J.M. Changes in lens dimensions and refractive index with age and accommodation. *Optom Vis Sci* 2007; 84(10):990-995. <https://doi.org/10.1097/OPX.0b013e318157c6b5>
18. Praveen M.R., Vasavada A.R., Shah S.K., Shah C.B., et al. Lens thickness of Indian eyes: impact of isolated lens opacity, age, axial length, and influence on anterior chamber depth. *Eye* 2009; 23(7):1542-1548. <https://doi.org/10.1038/eye.2008.315>
19. Sun J.H., Sung K.R., Yun S.C., Cheon M.H., et al. Factors associated with anterior chamber narrowing with age: an optical coherence tomography study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2012; 53(6):2607-2610. <https://doi.org/10.1167/iovs.11-9359>
20. Richdale K., Bullimore M.A., Zadnik K. Lens thickness with age and accommodation by optical coherence tomography. *Ophthalmic Physiol Opt* 2008; 28(5):441-447. <https://doi.org/10.1111/j.1475-1313.2008.00594.x>
21. Schuster A.K., Pfeiffer N., Nickels S., Schulz A., et al. Distribution of anterior chamber angle width and correlation with age, refraction, and anterior chamber depth-The Gutenberg Health Study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2016; 57(8):3740-3746. <https://doi.org/10.1167/iovs.16-19600>
22. Marchenko A.N., Sorokin E.L., Pashentsev I.E. Anatomical relations of the structures of the anterior segment of the eyeball with a short anterior-posterior axis of the eye in different age periods of life. *Modern technologies in ophthalmology* 2017; 7:62-64.
23. Marchenko A.N., Sorokin E.L., Pashentsev Ya.E. Effectiveness of the system for predicting the risk of developing an acute angle closure glaucoma attack. *Vestnik oftal'mologii* 2019; 135(1):47-52. <https://doi.org/10.17116/oftalma201913501147>
24. Sorokin E.L., Marchenko A.N., Pashentsev Y.E. Phacoemulsification in prevention of acute angle-closure glaucoma attack. *Vestnik oftal'mologii* 2022; 138(2):37-46. <https://doi.org/10.17116/oftalma202213802137>
25. Hill W., Angeles R., Otani T. Evaluation of a new IOLMaster algorithm to measure axial length. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34(6):920-924. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2008.02.021>
26. Sorokin E.L., Marchenko A.N., Danilov O.V. Role and clinical value of phacomorphic component in formation of primary closed-angle glaucoma in case of a thickened lens form (towards a problem of genesis of closed-angle glaucoma). Report 1. *Ophthalmosurgery* 2014; (1):53-59.
27. Sorokin E.L., Marchenko A.N., Danilov O.V. Role and clinical value of phacomorphic component in formation of primary closed angle glaucoma in case of an extended lens form (towards a problem of genesis of closed angle glaucoma). Report 2. *Ophthalmosurgery*. 2014; (3):67-72.
28. Cheon M.H., Sung K.R., Choi E.H., Kang S.Y., et al. Effect of age on anterior chamber angle configuration in Asians determined by anterior segment optical coherence tomography; clinic-based study. *Acta Ophthalmologica* 2010; 88(6):e205-e210. <https://doi.org/10.1111/j.1755-3768.2010.01960.x>
29. Xie X., Corradetti G., Song A., Pardeshi A., et al. Age- and refraction-related changes in anterior segment anatomical structures measured by swept-source anterior segment OCT. *PLoS ONE* 2020; 15(10):e0240110. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240110>

Влияние освещенности тестов на показатели остроты зрения у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой и возрастной макулярной дегенерацией

ТЕУВАЖУКОВА Д.А., аспирант 3 года по офтальмологии, ассистент курса офтальмологии кафедры общей хирургии медицинской академии¹; <https://orcid.org/0000-0002-8826-6967>

АРУТЮНЯН Л.Л., д.м.н., профессор кафедры офтальмологии², заведующая диагностическим отделением³; <https://orcid.org/0000-0002-9356-6526>

ТЛУПОВА Т.Г., к.м.н., доцент курса офтальмологии кафедры общей хирургии медицинской академии¹. <https://orcid.org/0000-0002-8231-7348>

¹ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова», 360004, Российская Федерация, Нальчик, ул. Чернышевского, 173;

²ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава РФ, 125993, Российская Федерация, Москва, ул. Баррикадная, 2/1, стр. 1;

³Глазной центр «Восток-Прозрение», 123007, Российская Федерация, Москва, ул. Полины Осипенко, 10, к. 1.

Финансирование: авторы не получали финансирование при проведении исследования и написании статьи.
Конфликт интересов: отсутствует.

Для цитирования: Теуважукова Д.А., Арутюнян Л.Л., Тлупова Т.Г. Влияние освещенности тестов на показатели остроты зрения у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой и возрастной макулярной дегенерацией. Национальный журнал глаукома. 2024; 23(1):44-50.

Резюме

ЦЕЛЬ. Изучение влияния освещенности тест-объектов на разрешающую способность зрительного анализатора пациентов с первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ) и возрастной макулярной дегенерацией (ВМД), а также оценка возможности использования полученных результатов для ранней диагностики ПОУГ и ВМД.

МЕТОДЫ. Остроту зрения (ОЗ) в условиях регулируемой освещенности (от 50 до 400 Лк) тест-объектов оценивали с помощью разработанного устройства в трех группах: у 50 здоровых испытуемых в возрасте 37,08±10,19 лет без офтальмопатологии (группа А), у 50 пациентов с начальными (Ia и IIa) стадиями ПОУГ в возрасте 47,16±8,28 лет (группа В) и у 50 пациентов в возрасте 46,08±4,56 лет (группа С) с сухой формой ВМД (начальная стадия).

РЕЗУЛЬТАТЫ. При увеличении освещенности тест-объектов (ОТ) с 50 до 400 Лк ОЗ здоровых лиц достоверно повышается в среднем на $\delta=0,32$ (с $1,0\pm0,22$ до $1,32\pm0,24$, $p<0,01$), в то время как при ПОУГ повышение ОЗ при увеличении ОТ выражено значительно слабее, составляя в среднем $\delta=0,12$ (с $0,9\pm0,20$ до $1,02\pm0,26$, $p<0,05$). При этом,

начиная с ОТ 150 Лк и выше, различия между значениями ОЗ в группе контроля и в группе пациентов с ПОУГ начальных стадий становятся достоверными ($p<0,05$). ОЗ больных с ВМД при увеличении ОТ практически не изменяется, сохраняясь на стабильном уровне: $\delta=0,04$ (от $0,76\pm0,20$ до $0,80\pm0,26$, $t=0,66$, $p>0,5$). В то же время значения ОЗ в этой группе пациентов для каждого уровня освещенности достоверно ниже ($p<0,05$), чем соответствующие значения ОЗ в группе контроля (группа А).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Выявленные закономерности можно использовать для ранней диагностики патологического процесса: повышение ОЗ при максимальном уровне ОТ относительно исходного значения менее, чем на $\delta\leq0,2$, свидетельствует о патологии зрительного нерва (ПОУГ), а отсутствие достоверных изменений ОЗ при увеличении ОТ (минимальные значения δ) характерно для патологического процесса в макуле (ВМД).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: острота зрения, освещенность тест-объектов, первичная открытоугольная глаукома, возрастная макулярная дегенерация.

Для контактов:

Теуважукова Диана Арсеновна, e-mail: di.teu.00@mail.ru

ORIGINAL ARTICLE

The influence of test illuminance on visual acuity in patients with primary open-angle glaucoma and age-related macular degeneration

TEUVAZHUKOVA D.A., third-year ophthalmology postgraduate student, Assistant for ophthalmology course at the Academic Department of General Surgery of the Medical Academy¹; <https://orcid.org/0000-0002-8826-6967>

ARUTYUNYAN L.L., Dr. Sci. (Med.), Professor at the Academic Department of Ophthalmology², Head of the Diagnostics Department³; <https://orcid.org/0000-0002-9356-6526>

TLUPOVA T.G., Cand. Sci. (Med.), Assistant Professor for the ophthalmology course at the Academic Department of General Surgery of the Medical Academy¹; <https://orcid.org/0000-0002-8231-7348>

¹Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, 173 Chernyshevskogo St., Nalchik, Russian Federation, 360004;

²Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, 2/1 bld. 1 Barrikadnaya St., Moscow, Russian Federation, 125993;

³Eye Center "Vostok-Prozreniye", 10 bld. 2 Poliny Osipenko St., Moscow, Russian Federation, 123007.

Funding: the authors received no specific funding for this work.

Conflicts of Interest: none declared.

For citations: Teuvazhukova D.A., Arutyunyan L.L., Tlupova T.G. The influence of test illuminance on visual acuity in patients with primary open-angle glaucoma and age-related macular degeneration. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma*. 2024; 23(1):44-50.

Abstract

PURPOSE. To study the influence of the illuminance level of test objects on the resolution of the visual analyzer in patients with primary open-angle glaucoma (POAG) and age-related macular degeneration (AMD), and assess the possibility of using the obtained results for early diagnosis of these eye diseases.

METHODS. Visual acuity (VA) under controlled illumination conditions (from 50 to 400 lx) of test objects was assessed using the developed device in three groups: in 50 healthy subjects aged 37.08 ± 10.19 years without ophthalmic pathology (group A), in 50 patients with early (Ia and IIa) stages of POAG aged 47.16 ± 8.28 years (group B) and 50 patients aged 46.08 ± 4.56 years (group C) with dry form of AMD (initial stage).

RESULTS. With an increase in the illumination of test objects (IT) from 50 to 400 lx, the VA of healthy individuals significantly increases on average by $\delta = 0.32$ (from 1.0 ± 0.22 to 1.32 ± 0.24 , $p < 0.01$), while in POAG the increase in VA with an increase in IT is much less pronounced, averaging $\delta = 0.12$ (from 0.9 ± 0.20 to 1.02 ± 0.26 , $p < 0.05$). At the same time,

starting from IT 150 lx and above, the differences between the values of VA in the control group and in the group of patients with POAG of the initial stages become significant ($p < 0.05$). VA of patients with AMD with increasing IT practically does not change, remaining at a stable level: $\delta = 0.04$ (from 0.76 ± 0.20 to 0.80 ± 0.26 , $t = 0.66$, $p > 0.5$). At the same time, the VA values in this group of patients for each illumination level are significantly lower ($p < 0.05$) than the corresponding VA values in the control group (group A).

CONCLUSION. The revealed regularities can be used for early diagnosis of the pathological process: an increase in VA at the maximum level of IT relative to the initial value by less than $\delta \leq 0.2$ indicates pathology of the optic nerve (POAG), and the absence of significant changes in VA with an increase in IT (minimum values of δ) is characteristic of the pathological process in the macula (AMD).

KEYWORDS: visual acuity, illuminance of test objects, primary open-angle glaucoma, age-related macular degeneration.

Определение остроты зрения — основной метод клинического исследования зрительных функций [1, 2]. Острота зрения (ОЗ) является универсальным показателем состояния зрительной системы, служащим для выявления аномалий рефракции, диагностики нарушений функций зрительного анализатора различного генеза, выбора тактики дальнейшего обследования и лечения пациента. Известно, что показатели ОЗ зависят от многих факторов: характеристик тестовых знаков — опто типов и способов

их предъявления, освещенности тест-объектов и помещения, в котором проводят визометрию, физического контраста, уровня эмоционального напряжения и функционального состояния обследуемого [3–6]. Несмотря на наличие общепринятых методов и стандартных требований к проверке ОЗ, поиск новых опто типов и таблиц для прецизионных визометрических исследований продолжается [7–10]. Уровень освещенности опто типов и кабинета, где осуществляется проверка зрения, тоже должны быть регламентированы, поскольку световые

условия визометрии могут оказывать существенное влияние на ее результаты [11]. Есть основания предполагать, что при наличии тех или иных патологических состояний зрительного анализатора это влияние будет различным [12].

Для проверки этого предположения нам представилось целесообразным изучить влияние освещенности тестов на показатели ОЗ у лиц без офтальмопатологии, а также у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ) и возрастной макулярной дегенерацией (ВМД), как наиболее распространенных заболеваний глаз, приводящих к необратимой утрате зрительных функций в старших возрастных группах [13, 14]. Как известно, выявление данных офтальмопатологий на начальной стадии развития позволяет наиболее эффективно предотвращать их инвалидизирующие последствия.

В поликлиниках и глазных стационарах зачастую отсутствуют современные диагностические методы исследования, такие как компьютерная периметрия, локальная темновая адаптометрия, специальная аппаратура для электрофизиологических исследований, в частности, вызванных потенциалов с определением ретинокортикального времени, оптическая когерентная томография (ОКТ) с функцией ангиографии и др., что приводит к несвоевременному выявлению больных с глаукомой и ВМД. Кроме того, возрастающая стоимость диагностических обследований, таких как флюоресцентная ангиография глазного дна, ультразвуковые исследования кровотока в сосудах глаза, ОКТ, диктует необходимость разработки более простых, доступных, быстрых методов скрининговой оценки функционального состояния органа зрения с целью ранней диагностики его патологии.

Целью работы явилось изучение влияния освещенности тест-объектов на разрешающую способность зрительного анализатора пациентов с ПОУГ и ВМД и оценка возможности использования полученных результатов для ранней диагностики данных заболеваний глаз.

Материалы и методы

Для изучения зависимости ОЗ от освещенности тест-объекта (ОТ) в норме и при патологии были сформированы три группы по 50 человек в каждой: группа А — здоровые лица без заболеваний глаз (группа контроля), группа В — пациенты с начальными проявлениями ПОУГ и группа С — пациенты с ВМД.

Исследования контингента здоровых лиц (группы контроля) проводились на территории одного из крупных автопредприятий г. Нальчика (автотранспортное предприятие №1), где есть своя современная, хорошо оборудованная поликлиника. Выбор данного предприятия был обусловлен наличием значительного количества испытуемых (водителей

однородного профиля) и относительной стабильностью организации рабочего дня, что позволило обследовать их в одно и то же время суток. Все обследованные — мужчины в возрасте от 30 до 55 лет (средний возраст — $37,08 \pm 10,19$ лет) — имели ОЗ с максимальной коррекцией не ниже 1,0. Показатели внутриглазного давления (ВГД), поля зрения и цветоощущения соответствовали норме.

Комплексное обследование пациентов с ПОУГ и ВМД проводилось в отделении микрохирургии глаза Республиканской клинической больницы. Обследование включало визометрию, тонометрию по Маклакову, биомикроскопию, офтальмоскопию, гониоскопию, стандартную автоматизированную периметрию (САП) по программе порогового теста 24-2 SITA Standard (Humphrey Visual Field Analyzer; «Carl Zeiss Meditec, Inc.», США), ОКТ диска зрительного нерва (ДЗН) и сетчатки.

Группа В была сформирована из пациентов в возрасте 40–55 лет (средний возраст $47,16 \pm 8,28$ лет, различие с группой А статистически не значимо, $p > 0,5$). В эту группу вошли пациенты с начальной (Ia) и развитой (IIa) стадиями ПОУГ с нормальным ВГД ($16,0 \pm 1,7$ мм рт.ст.) на фоне гипотензивной терапии. Периметрические индексы у пациентов этой группы составили: MD $-5,3 \pm 2,1$ дБ, PSD $4,1 \pm 1,9$ дБ. Анализ структурных параметров ДЗН по данным ОКТ показал незначительное снижение толщины слоя нервных волокон в нижнем секторе (98 ± 23 мкм), признаков экскавации ДЗН не отмечено, т.е. у пациентов этой группы наблюдались начальные проявления и симптомы глаукомного поражения [13, 15]. Исходная острота зрения с максимальной коррекцией, определенная стандартным методом, в среднем составляла $0,98 \pm 0,26$.

Группа С была сформирована из пациентов в возрасте 40–50 лет (в среднем $46,08 \pm 4,56$ лет, различие с группой А и В статистически не значимо, $p > 0,5$) с сухой формой ВМД (начальная стадия). Исходная ОЗ с максимальной коррекцией, определенная стандартным методом, составляла $0,7–1,0$ (в среднем $0,79 \pm 0,27$). По данным ОКТ сетчатки определялись единичные фовеолярные и парафовеолярные друзы.

Помимо стандартных методов, обследование как здоровых лиц, так и больных с ПОУГ и ВМД включало определение ОЗ в различных условиях освещенности тест-объекта. Для этой цели использовалось устройство (патент РФ №2269921) [16], разработанное нами ранее для повышения точности определения ОЗ в условиях различной освещенности у здоровых людей и для раннего выявления офтальмопатологии. Устройство состоит из портативного аппарата для определения ОЗ и выносного блока, регулирующего освещенность тестов и освещенность окружающего поля, и имеет два датчика (освещенности тестов и освещенности окружающего поля), два регулятора освещенности (окружающего поля и тестов) и индикатор освещенности

Таблица 1. ОЗ при различных уровнях ОТ у лиц без офтальмопатологии (группа А) и у пациентов с ПОУГ (группа В), М±σ.
Table 1. VA in various IT levels in control subjects (group A) and POAG patients (group B), M±σ.

Освещенность (Лк) Illuminance (lux)	ОЗ / VA		t
	Группа А / Group A	Группа В / Group B	
50	1,0±0,22	0,90±0,20	1,84
100	1,05±0,34	0,94±0,24	1,44
150	1,11±0,18	0,96±0,22	2,89*
200	1,25±0,28	0,96±0,26	4,15*
250	1,26±0,20	0,98±0,28	4,45*
300	1,32±0,36	1,02±0,26	3,70*
350	1,32±0,24	1,02±0,24	4,84*
400	1,32±0,26	1,02±0,26	4,46*
Более 400	1,32±0,24	1,02±0,26	4,64*

Примечание: * — различие между значениями ОЗ в двух группах при данном ОТ достоверно, $p < 0,05$.

Note: * — difference in VA values between the two groups at the specified IT is statistically significant, $p < 0,05$.

(количественно оценивающий освещенность в цифровом выражении). Освещенность теста (ОТ) может плавно изменяться в диапазоне от 50 до 1000 Лк. Вместо электрической лампы в 40 Вт в устройстве используется галогеновый источник света (230 Вт), позволяющий добиться высокой освещенности тестов (до 1000 люкс). В качестве источника освещенности окружающего поля используется обычная электрическая лампа в 100 Вт с возможностью регулирования освещенности, укрепленная на потолке посередине между обследуемым и устройством для определения ОЗ. Тест-карта содержит таблицы оптотипов (кольца Ландольта) с малым (0,05) шагом, с различной контрастностью и цветом фона, ее размер соответствует двум форматам А4, в связи с чем и размер самого устройства меньше стандартного проектора знаков в два раза.

Преимуществами устройства, кроме его относительно небольшого веса и размера, являются также портативность и возможность измерения разрешающей способности зрительного анализатора в любых условиях освещенности, что расширяет исследовательские возможности и выгодно экономически.

Исследования в рамках данной работы проводились в затемненном помещении (освещенность окружающего поля составляла 0 Лк). После предварительной трехминутной темновой адаптации для определения ОЗ обследуемый располагался на расстоянии 5 м от переносного устройства.

Статистическая обработка полученных данных с использованием математического пакета Mathcad PLUS 6.0 включала определение средних арифметических значений (М), среднего квадратичного отклонения (σ) и критерия Стьюдента (t). Различия считались достоверными при $p < 0,05$.

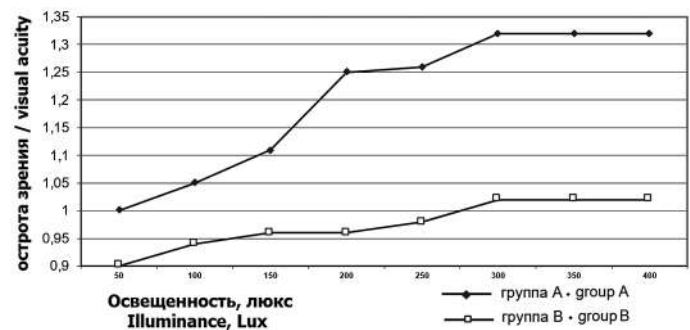


Рис. 1. Зависимость ОЗ от освещенности тестов у здоровых лиц (группа А) и у пациентов с начальными стадиями ПОУГ (группа В).

Fig. 1. Dependence of VA on test illumination in control subjects (group A) and patients with early stages of POAG (group B).

Результаты

Значения ОЗ при различных уровнях ОТ в норме и при глаукоме представлены в табл. 1.

Полученные результаты показывают, что изменение ОТ оказывает существенное влияние на показатели ОЗ как в норме, так и при ПОУГ. При этом, начиная с ОТ 150 Лк и выше, различия между значениями ОЗ в группе контроля и в группе пациентов с ПОУГ начальных стадий становятся достоверными.

При увеличении ОТ от исходных до максимальных значений — от 50 до 400 Лк — ОЗ здоровых лиц достоверно повышается в среднем на $\delta = 0,32$ (с $1,0 \pm 0,22$ до $1,32 \pm 0,24$; $p < 0,01$), в то время как при ПОУГ повышение ОЗ при увеличении ОТ выражено значительно слабее, составляя в среднем $\delta = 0,12$ (с $0,9 \pm 0,20$ до $1,02 \pm 0,26$; $p < 0,05$) (рис. 1).

Таблица 2. ОЗ при различных уровнях ОТ у лиц без офтальмопатологии (группа А) и у пациентов с ВМД (группа С), $M \pm \sigma$.
 Table 2. VA in various IT levels in control subjects (group A) and AMD patients (group C), $M \pm \sigma$.

Освещенность (Лк) Illuminance (lux)	ОЗ / VA		t
	Группа А / Group A	Группа С / Group C	
50	1,0 $\pm$ 0,22	0,76 $\pm$ 0,20	4,42*
100	1,05 $\pm$ 0,34	0,76 $\pm$ 0,23	3,81*
150	1,11 $\pm$ 0,18	0,78 $\pm$ 0,22	6,35*
200	1,25 $\pm$ 0,28	0,78 $\pm$ 0,26	6,72*
250	1,26 $\pm$ 0,20	0,78 $\pm$ 0,27	7,64*
300	1,32 $\pm$ 0,36	0,78 $\pm$ 0,26	6,66*
350	1,32 $\pm$ 0,24	0,80 $\pm$ 0,25	8,39*
400	1,32 $\pm$ 0,26	0,80 $\pm$ 0,26	7,74*
Более 400	1,32 $\pm$ 0,24	0,80 $\pm$ 0,26	8,04*

Примечание: * — различие между значениями ОЗ в двух группах при данном ОТ достоверно, $p < 0,05$.

Note: * — difference in VA values between the two groups at the specified IT is statistically significant, $p < 0.05$.

Таблица 3. ОЗ в группе контроля (А), у пациентов с ПОУГ (В) и ВМД (С) при различных уровнях ОТ.
 Table 3. VA of control subjects (A), patients with POAG (B) and AMD (C) at various IT levels.

Освещенность (Лк) Illuminance (lux)	Группа А Group A	Группа В Group B	t	Группа С Group C	t
50	1,0 $\pm$ 0,22	0,90 $\pm$ 0,20	1,84	0,76 $\pm$ 0,20	4,42*
100	1,05 $\pm$ 0,34	0,94 $\pm$ 0,24	1,44	0,76 $\pm$ 0,23	3,81*
150	1,11 $\pm$ 0,18	0,96 $\pm$ 0,22	2,89*	0,78 $\pm$ 0,22	6,35*
200	1,25 $\pm$ 0,28	0,96 $\pm$ 0,26	4,15*	0,78 $\pm$ 0,26	6,72*
250	1,26 $\pm$ 0,20	0,98 $\pm$ 0,28	4,45*	0,78 $\pm$ 0,27	7,64*
300	1,32 $\pm$ 0,36	1,02 $\pm$ 0,26	3,70*	0,78 $\pm$ 0,26	6,66*
350	1,32 $\pm$ 0,24	1,02 $\pm$ 0,24	4,84*	0,80 $\pm$ 0,25	8,39*
400	1,32 $\pm$ 0,26	1,02 $\pm$ 0,26	4,46*	0,80 $\pm$ 0,26	7,74*
Более 400	1,32 $\pm$ 0,24	1,02 $\pm$ 0,26	4,64*	0,80 $\pm$ 0,26	8,04*

Примечание: * — различие между значениями ОЗ при глаукоме и ВМД от показателей группы контроля при данном ОТ достоверно.

Note: * — difference in VA values between POAG or AMD patients, and control subjects at the specified IT is statistically significant.

Эти данные свидетельствуют о том, что уже на начальных стадиях развития ПОУГ, которые наблюдались у обследованных нами пациентов (группа В), отмечаются нарушения реакции зрительного анализатора на изменения ОТ, несмотря на то, что острота центрального зрения, полученная при традиционном обследовании, длительное время сохраняется на стабильном уровне [15]. На основании этих данных отставание ОЗ от нормальных значений при высоких уровнях ОТ (150 Лк и выше) можно считать ранним диагностическим критерием наличия глаукомного поражения.

На следующем этапе работы мы исследовали зависимость ОЗ от ОТ у пациентов с ВМД (группа С). Полученные данные представлены в табл. 2.

Анализ этих данных показывает, что при изменении ОТ от минимальной (50 Лк) до максимальной величины (более 400 Лк) ОЗ больных с ВМД практически не изменяется, сохраняясь на стабильном уровне: $\delta = 0,04$ (от $0,76 \pm 0,20$ до $0,80 \pm 0,26$; $p > 0,5$). Достоверных изменений ОЗ относительно исходных значений (при ОТ равной 50 Лк) не выявлено ($t = 0,66$; $p > 0,5$). Даже при ОТ выше 400 Лк различительная способность зрительного

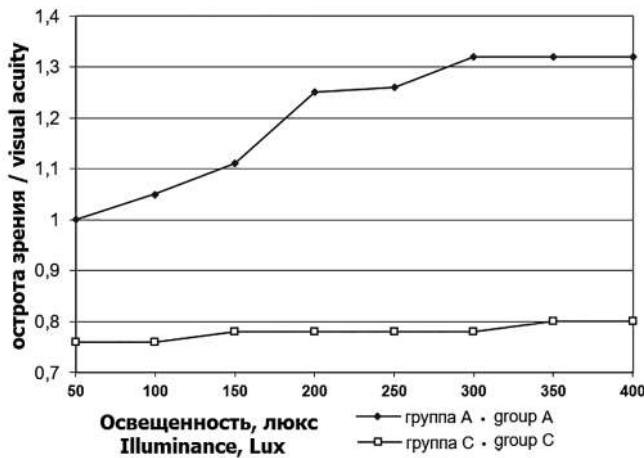


Рис. 2. Зависимость остроты зрения от ОТ у здоровых лиц (группа А) и у пациентов с ВМД (группа С).

Fig. 2. Dependence of VA on IT in control subjects (group A) and AMD patients (group C).

анализатора значимо не превышает исходной величины. При этом значения ОЗ в этой группе пациентов (группа С) для каждого уровня освещенности достоверно ниже ($p < 0,05$), чем соответствующие значения ОЗ в группе контроля (группа А) (рис. 2).

Отсутствие реакции показателей ОЗ на увеличение ОТ, выявленное еще в достаточно молодом возрасте (40–50 лет), может быть более значительным в старших возрастных группах. Полученные данные позволяют считать отсутствие динамики показателей ОЗ при увеличении ОТ и их значительное отставание от нормальных значений ранним диагностическим критерием наличия ВМД. Данный тест, очевидно, может быть использован на профосмотрах для диагностики начальных патологических изменений макулярной зоны.

Как показал сравнительный анализ, динамика ОЗ при увеличении освещенности тест-объекта в трех исследуемых группах носит различный характер (табл. 3).

В то время как ОЗ здоровых лиц (группа А) плавно повышается по мере усиления ОТ с $1,0 \pm 0,22$ до $1,32 \pm 0,24$ (при 400 Лк), т.е. в среднем на $\delta = 0,32$ (различие достоверно, $p < 0,01$), изменения показателей ОЗ при глаукоме и ВМД значительно отличаются от нормы и демонстрируют другую динамику (рис. 3).

Так, в группе В (пациенты с начальными стадиями глаукомы) ОЗ повышается в соответствии с повышением ОТ, но это увеличение составляет всего лишь $\delta = 0,12$ (с $0,9 \pm 0,20$ до $1,02 \pm 0,26$), причем различия с исходным уровнем становятся достоверными только при освещенности, равной 300 и 400 Лк ($p < 0,05$).

В группе пациентов с ВМД ОЗ практически не повышается при усилении ОТ, этот показатель остается на стабильном уровне независимо от ОТ (рис. 3).

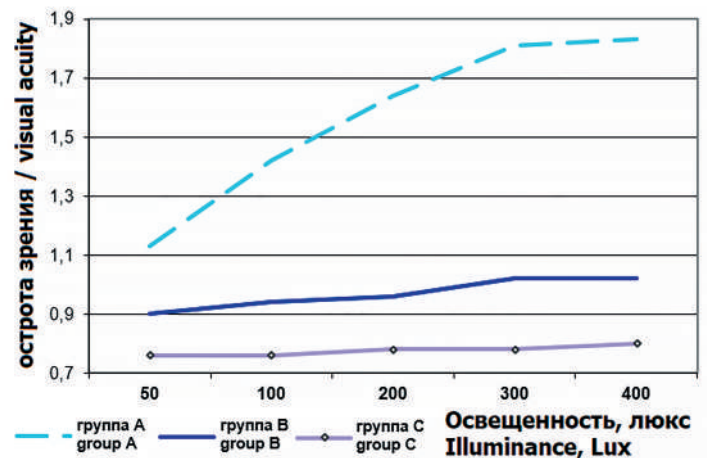


Рис. 3. Зависимость остроты зрения от ОТ в норме (группа А), у пациентов с глаукомой (группа В) и ВМД (группа С).

Fig. 3. Dependence of VA on IT in controls (group A), patients with glaucoma (group B) and AMD (group C).

Различие с исходным уровнем составляет в среднем $\delta = 0,04$ (с 0,76 до 0,80) и является недостоверным ($p > 0,5$).

Выявленные нами различия в реакции зрительного анализатора на ОТ у пациентов с глаукомой и ВМД, безусловно, связаны с особенностями патофизиологических и патоморфологических механизмов, лежащих в основе поражения макулярной сетчатки (ВМД) и зрительного нерва (глаукома) при этих нейродегенеративных заболеваниях [17, 18] и свидетельствуют о специфичности результатов данного теста в отношении патологических процессов в заднем отделе глаза.

Важно отметить, что наши исследования проводились у пациентов с начальными, невыраженными проявлениями патологических процессов, при достаточно высоких и сохранных зрительных функциях, поэтому выявленные уже на этих стадиях нарушения зависимости показателей ОЗ от уровня ОТ можно рассматривать в качестве объективных критериев ранней диагностики глаукомы и ВМД.

Заключение

Разработанное нами устройство позволяет оценить ОЗ в различных условиях освещенности. С помощью данного устройства установлено, что ОТ оказывает существенное влияние на показатели ОЗ у пациентов с начальными стадиями ПОУГ и ВМД. Динамика этих показателей носит различный характер: при глаукоме ОЗ постепенно повышается по мере роста освещенности, хотя это повышение достоверно менее выражено, чем в норме, а при ВМД острота зрения остается стабильной при всех уровнях ОТ. Эти закономерности можно использовать для ранней диагностики патологического процесса: повышение ОЗ при максимальном

уровне ОТ относительно исходного значения менее, чем на $\delta \leq 0,2$ свидетельствует о патологии зрительного нерва (ПОУГ), а отсутствие достоверных изменений ОЗ при увеличении ОТ (минимальные значения δ) характерны для патологического процесса в макуле (ВМД). Устройство для определения ОЗ в условиях повышенной ОТ удобно в использовании, имеет относительно небольшой вес и размер, является портативным и позволяет выявить нарушения разрешающей способности зрительного анализатора, в том числе во время

профосмотров, с целью ранней диагностики ПОУГ и ВМД, а также других видов патологии сетчатки и зрительного нерва.

Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования: Теуважукова Д.А., Арутюнян Л.Л., Тлупова Т.Г.

Сбор и обработка материала: Теуважукова Д.А., Тлупова Т.Г.

Статистическая обработка: Теуважукова Д.А., Тлупова Т.Г.

Написание статьи: Теуважукова Д.А., Арутюнян Л.Л.

Редактирование: Теуважукова Д.А., Арутюнян Л.Л.

Литература

1. Коскин С.А., Хлебников В.В., Шелепин Ю.Е. Измерение остроты зрения в клинической практике. *Офтальмохирургия и терапия* 2002; 2(3-4):40-43.
2. Волков В.В., Горбань А.Н., Джаляшвили О.А. Клиническая визометрия. Ленинград: Медицина 1976; 215.
3. Шамшинова А.М., Волков В.В. Функциональные методы исследования в офтальмологии. Москва: Медицина 2005; 414.
4. Ferris F.L., Bailey I. Standardizing measurement of visual acuity for clinical research studies. Guidelines from the Eye Care Technology Forum. *Ophthalmology* 1966; 103 1:181-182.
5. Wozniak H, Megan K, Glover S, Moss N. The effect of room illumination on visual acuity measurement. *Australian Orthoptic Journal* 1999; 34:3-8.
6. Грачёва М.А., Казакова А.А., Покровский Д.Ф., Медведев И.Б. Таблицы для оценки остроты зрения: аналитический обзор, основные термины. *Вестник РАМН* 2019; 74(3):192-199. <https://doi.org/10.15690/vramn1142>
7. Алиев А.Д., Алиев А.А., Нурудинов М.М. Оптотип и таблица для прецизионных визометрических исследований. *Российский офтальмологический журнал* 2019; 12(4):8-12. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2019-12-4-8-12>
8. Егорова Т.С. Таблицы для исследования зрения вблизи при слабовидении. *Российский офтальмологический журнал* 2019; 12(1):86-91. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2019-12-1-86-91>
9. Hamm LM, Yeoman JP, Anstice NS, Dakin SC. The Auckland optotypes: an open-access pictogram set for measuring recognition acuity. *J Vis* 2018; 18(3):13. <https://doi.org/10.1167/18.3.13>
10. Rozhkova G, Lebedev D, Gracheva M, Rychkova S. Optimal optotype structure for monitoring visual acuity. *J Latv Acad Sci* 2017; 71(5):327-338. <https://doi.org/10.1515/prolas-2017-0057>
11. Sheedy JE, Bailey IL, Raasch TW. Visual acuity and chart luminance. *Am J Optom Physiol Opt* 1984; 61(9):595-600. <https://doi.org/10.1097/00006324-198409000-00010>
12. Brown B, Zadnik K, Bailey I, Colenbrander A. Effect of luminance, contrast, and eccentricity on visual acuity in senile macular degeneration. *Am J Optom Physiol Opt* 1984; 6(4):265-270.
13. Аветисов С.Э., Егоров Е.А., Мошетова Л.К., Нероев В.В., Тахчиди Х.П. ред. Офтальмология: национальное руководство. Москва: ГЭОТАР-Медиа 2008; 944.
14. Ивахненко О.И., Нероев В.В., Зайцева О.В. Возрастная макулярная дегенерация и диабетическое поражение глаз. Социально-экономические аспекты заболеваемости. *Вестник офтальмологии* 2021; 137(1):123129. <https://doi.org/10.17116/oftalma2021137011123>
15. Егоров Е.А., Еричев В.П., ред. Национальное руководство по глаукоме. Для практикующих врачей. Москва: ГЭОТАР-Медиа 2015; 452.
16. Тлупова Т.Г., Чернышева С.Г., Розенблум Ю.З. Устройство для определения остроты зрения. Патент РФ № 2269921 от 17.05.2004. Оpubл. Бюлл. № 5.
17. Зарубина В.Н., Хокканен В.М., Деревцова Е.А. Первичная открытоугольная глаукома и возрастная макулярная дегенерация: есть ли взаимосвязь между заболеваниями? *Точка зрения. Восток-Запад* 2019; 2:104-107. <https://doi.org/10.25276/2410-1257-2019-2-104-107>
18. Фурсова А.Ж., Гусаревич О.Г., Тарасов М.С., Васильева М.А., Чубарь Н.В., Литвинова Н.В. Возрастная макулярная дегенерация и глаукома. Эпидемиологические и клинико-патогенетические аспекты сочетанного течения. *Сибирский медицинский журнал* 2018; 38(5): 83-91. <https://doi.org/10.15372/SSMJ20180514>

References

1. Koskin SA, Hlebnikov VV, Shelepin YuE. Measurement of visual acuity in clinical practice. *Oftal'mohirurgiya i terapiya* 2002; 2(3-4):40-43.
2. Volkov VV, Gorban' AN, Dzhaliashvili O.A. Klinicheskaya viso- i refraktometriya [Clinical vision- and refractometry]. Leningrad, Meditsina Publ., 1976. 215 p.
3. Shamshinova A.M., Volkov V.V. Funktsional'nyi metody issledovaniya v oftal'mologii [Functional methods in ophthalmology]. Moscow, Meditsina Publ., 2005. 414 p.
4. Ferris F.L., Bailey I. Standardizing measurement of visual acuity for clinical research studies. Guidelines from the Eye Care Technology Forum. *Ophthalmology* 1966; 103 1:181-182.
5. Wozniak H, Megan K, Glover S, Moss N. The effect of room illumination on visual acuity measurement. *Australian Orthoptic Journal* 1999; 34:3-8.
6. Gracheva M.A., Kazakova A.A., Pokrovskiy D.F., Medvedev I.B. Visual Acuity Charts: Analytical Review, Basic Terms. *Annals of the Russian academy of medical sciences* 2019. 74(3): 192-199. <https://doi.org/10.15690/vramn1142>
7. Aliyev AA, Nurudinov MM. A new optotype and chart for precision visometry. *Russian Ophthalmological Journal* 2019; 12(4):8-12. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2019-12-4-8-12>
8. Egorova T.S. Tables for near vision examination in low vision patients. *Russian Ophthalmological Journal* 2019; 12(1):86-91. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2019-12-1-86-91>
9. Hamm LM, Yeoman JP, Anstice NS, Dakin SC. The Auckland optotypes: an open-access pictogram set for measuring recognition acuity. *J Vis* 2018; 18(3):13. <https://doi.org/10.1167/18.3.13>
10. Rozhkova G, Lebedev D, Gracheva M, Rychkova S. Optimal optotype structure for monitoring visual acuity. *J Latv Acad Sci* 2017; 71(5):327-338. <https://doi.org/10.1515/prolas-2017-0057>
11. Sheedy JE, Bailey IL, Raasch TW. Visual acuity and chart luminance. *Am J Optom Physiol Opt* 1984; 61(9):595-600. <https://doi.org/10.1097/00006324-198409000-00010>
12. Brown B, Zadnik K, Bailey I, Colenbrander A. Effect of luminance, contrast, and eccentricity on visual acuity in senile macular degeneration. *Am J Optom Physiol Opt* 1984; 6(4):265-270.
13. Aветисов S.E., Egorov E.A., Moshetova L.K., Neroyev V.V., Takhchidi Kh.P., eds. *Oftal'mologiya: natsional'noe rukovodstvo* [Ophthalmology: a national guide]. Moscow, GEOTAR-Media, 2008. 944 p.
14. Ivakhnenko OI, Neroyev VV, Zaytseva OV. Age-related macular degeneration and diabetic eye lesion. Socio-economic aspects. *Vestn Oftal'mol* 2021; 137(1):123129. <https://doi.org/10.17116/oftalma2021137011123>
15. Egorov EA, Eriчев VP, eds. *Natsional'noe rukovodstvo po glaukome dlya praktikuuyushchikh vrachei* [National guidelines for glaucoma. For practicing doctors]. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2015. 452 p.
16. Tlupova T. G., Chernysheva S. G., Rozenblum Yu.Z. Device for determining visual acuity. RU Patent #2269921, 17.05.2004. Bull. 5, Publ. 20.02.2006.
17. Zarubina V.N., Hokkanen V.M., Derevtsova E.A. Primary open angle glaucoma and age-related macular degeneration: is there a direct correlation between the diseases? *Tochka zreniya. Vostok-Zapad* 2019; 2:104-107. <https://doi.org/10.25276/2410-1257-2019-2-104-107>
18. Fursova A.Z., Gusarevich O.G., Tarasov M.S., Vasilyeva M.A., Chubar N.V., Litvinova N.V. Age- related macular degeneration and glaucoma. epidemiological and clinic-pathogenetic aspects. *Sibirsky nauchno-meditsinsky zhurnal* 2018; 38(5):83-91. <https://doi.org/10.15372/SSMJ20180514>

Хирургическое лечение вторичной глаукомы на фоне коморбидной патологии с последующей сквозной кератопластикой (клиническое наблюдение)

Старостина А.В., к.м.н., научный сотрудник отдела хирургии глаукомы;

<https://orcid.org/0000-0002-4496-0703>

Головин А.В., к.м.н., заведующий операционным блоком; <https://orcid.org/0000-0001-7577-1289>

Бурлаков К.С., клинический ординатор; <https://orcid.org/0000-0002-4383-0325>

Шолохова В.Р., аспирант, врач-офтальмолог; <https://orcid.org/0009-0003-3359-8352>

Таевере М.Р., к.м.н., младший научный сотрудник отдела клинко-функциональной диагностики;

<https://orcid.org/0000-0003-1013-6924>

Трошина А.А., к.м.н., научный сотрудник отдела хирургии катаракты.

<https://orcid.org/0000-0002-0218-5139>

ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Федорова», 127486, Российская Федерация, Москва, Бескудниковский бульвар, 59А.

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

Конфликт интересов: отсутствует.

Для цитирования: Старостина А.В., Головин А.В., Бурлаков К.С., Шолохова В.Р., Таевере М.Р., Трошина А.А. Хирургическое лечение вторичной глаукомы на фоне коморбидной патологии с последующей сквозной кератопластикой (клиническое наблюдение). *Национальный журнал глаукома*. 2024; 23(1):51-57.

Резюме

ЦЕЛЬ. Оценить эффект хирургического лечения вторичной глаукомы с последующей сквозной кератопластикой у пациента с афакией, оперированной отслойкой сетчатки и состоянием после интрастромальной кератопластики.

МЕТОДЫ. В «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» г. Москва проведено обследование пациента с вторичной рефрактерной глаукомой на фоне афакии, воспалительной реакции на множественные оперативные вмешательства (формирование передних синехий), оперированной отслойки сетчатки и выполнено лечение: имплантация клапанного дренажа Ahmed и сквозная кератопластика с удалением имплантата.

РЕЗУЛЬТАТЫ. На вторые сутки после имплантации клапанного дренажа Ahmed на правом глазу внутриглазное давление (ВГД) пальпаторно в норме, трубка дренажа в передней камере в правильном положении. Через три месяца после операции жалобы отсутствуют, ВГД пальпаторно в норме, отмечается уменьшение отека роговицы. Через четыре месяца после имплантации клапанного

дренажа Ahmed выполнена сквозная кератопластика. На вторые сутки после операции пальпаторно отмечалась гипотония, которая сохранялась в течение пяти суток. При выписке трансплантат адаптирован, швы satisfactory, пальпаторно — нормотония. В сроки наблюдения до трех месяцев отмечается увеличения остроты зрения до 0.1.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Для пролонгирования гипотензивного эффекта и минимализации интра- и послеоперационных осложнений для достижения максимально высоких зрительных функций перед проведением оптикоре-конструктивных операций целесообразно выполнение антиглаукомного вмешательства. При вторичной рефрактерной глаукоме, обусловленной различными факторами, выбор хирургического лечения всегда индивидуален и зависит от выраженности анатомических изменений, опыта и возможностей хирурга и зачастую требует многоэтапного лечения с постоянным динамическим наблюдением.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: вторичная глаукома, дренаж Ahmed, внутриглазное давление.

Для контактов:

Бурлаков Константин Сергеевич, e-mail: konstantin.burlakow@yandex.ru

ORIGINAL ARTICLE

Surgical treatment of secondary glaucoma in comorbid pathology with subsequent penetrating keratoplasty (case study)

STAROSTINA A.V., Cand. Sci. (Med), Head of Glaucoma Surgery Department;

<https://orcid.org/0000-0002-4496-0703>

GOLOVIN A.V., Cand. Sci. (Med.), Head of Surgery Department; <https://orcid.org/0000-0001-7577-1289>

BURLAKOV K.S., clinical resident; <https://orcid.org/0000-0002-4383-0325>

SHOLOKHOVA V.R., postgraduate student, ophthalmologist; <https://orcid.org/0009-0003-3359-8352>

TAEVERE M.R., Cand. Sci. (Med), junior researcher at the Department of Clinical and Functional Diagnostics; <https://orcid.org/0000-0003-1013-6924>

TROSHINA A.A., Cand. Sci. (Med), researcher at the Cataract Surgery Department.

<https://orcid.org/0000-0002-0218-5139>

S.N. Fedorov National Medical Research Center "MNTK "Eye Microsurgery", 59A Beskudnikovsky blvd., Moscow, Russian Federation, 127486.

Funding: the authors received no specific funding for this work.

Conflicts of Interest: none declared.

For citations: Starostina A.V., Golovin A.V., Burlakov K.S., Sholokhova V.R., Taevere M.R., Troshina A.A.

Surgical treatment of secondary glaucoma in comorbid pathology with subsequent penetrating keratoplasty (case study). *Natsional'nyi zhurnal glaukoma*. 2024; 23(1):51-57.

Abstract

PURPOSE. To evaluate the effect of surgical treatment of secondary glaucoma with subsequent end-to-end keratoplasty in a patient with aphakia, operated retinal detachment and condition after intrastromal keratoplasty.

METHODS. A patient with secondary refractory glaucoma against the background of aphakia, a biopolymer implant in the corneal stroma, an inflammatory reaction to multiple surgical interventions (formation of anterior synechiae), operated retinal detachment was examined in the S.N. Fedorov National Medical Research Center "MNTK "Eye Microsurgery" in Moscow. The following treatment was performed: implantation of Ahmed valve drainage and penetrating keratoplasty with implant removal.

RESULTS. On the second day after implantation of Ahmed valve drainage on the right eye, intraocular pressure was normal in palpatory examination, the drainage tube in the anterior chamber was in the correct position. Three months after the operation, there were no complaints, intraocular pressure was normal in palpatory examination, there was a decrease in corneal edema. Penetrating

keratoplasty was performed four months after the implantation of Ahmed valve drainage. On the second day after the operation, hypotension was noted with palpatory measurement of intraocular pressure, which persisted for five days. At patient discharge, the graft was adapted, the sutures were consistent, normal pressure with palpatory examination. During the observation period of up to three months, visual acuity increased to 0.1.

CONCLUSION. To prolong the hypotensive effect and minimize intra- and postoperative complications in order to achieve the highest possible visual functions before performing optical reconstructive surgery, it is advisable to perform an anti-glaucoma intervention. In secondary refractory glaucoma caused by various factors, the choice of surgical treatment is always individual and depends on the severity of anatomical changes, the experience and capabilities of the surgeon, and often requires multi-stage treatment with continuous observation.

KEYWORDS: secondary glaucoma, Ahmed drainage, intraocular pressure.

Развитию вторичной глаукомы могут способствовать многочисленные патологические состояния органа зрения, приводящие к изменениям дренажной системы глаза. Наиболее часто вторичная глаукома возникает на фоне увеальных процессов, травматических воздействий, ишемических заболеваний сетчатки и витреоретинальных вмешательств, внутриглазных новооб-

разований, а также на фоне дислокации интраокулярных линз, заболеваний роговицы, после различных видов кератопластики и множества других состояний. Вторичная глаукома в большинстве случаев рефрактерна к медикаментозной терапии и хирургическому лечению. Иногда к возникновению вторичной глаукомы приводят сразу несколько факторов, что делает её ещё более агрессивной

и заставляет хирурга прибегать к использованию альтернативных и комбинированных методов контроля внутриглазного давления (ВГД). Учитывая коморбидность патологии, выраженные изменения анатомии переднего отрезка глаза, приводящие к нарушению гидродинамики глаза и возникновению вторичной глаукомы, выбор метода хирургического лечения у подобных пациентов всегда сложен в связи с возрастающим риском возникновения послеоперационных осложнений [1–5].

В данном клиническом случае представлен пациент после многократного хирургического лечения — в анамнезе экстракция врожденной катаракты без имплантации интраокулярной линзы, оперированная отслойка сетчатки (введение и удаление силиконового масла, циркулярное пломбирование), интраламеллярная кератопластика с имплантацией биополимерной линзы в строму роговицы на фоне развившейся эндотелиально-эпителиальной дистрофии. Исходом всех проведенных манипуляций стало выраженное снижение зрительных функций и развитие вторичной рефрактерной глаукомы.

Клинический случай

Пациент К., 1964 года рождения, миопия высокой степени с детства. С рождения была выявлена врожденная катаракта обоих глаз. В 10 лет по месту жительства произведена операция — экстракция катаракты без имплантации интраокулярной линзы на левом глазу; позднее была диагностирована отслойка сетчатки, проведено хирургическое лечение без эффекта (сетчатка не прилегла). В возрасте 18 лет выполнена экстракция катаракты без имплантации интраокулярной линзы на правом глазу. Через год в связи с фиброзом задней капсулы хрусталика была произведена лазерная дисцизия задней капсулы.

В 2004 году выявлена отслойка сетчатки правого глаза. В Новосибирском филиале МНТК пациенту провели циркулярное пломбирование, а затем эндовитреальное вмешательство с тампонадой силиконом. Через 6 месяцев силиконовое масло было удалено.

В 2010 году был выставлен диагноз: OU Буллезная кератопатия. OS Субатрофия глазного яблока. В связи с отсутствием донорского материала в 2018 году на правом глазу произведена интрастромальная кератопластика с имплантацией в строму роговицы биополимерной линзы диаметром 8 мм с целью купирования болевого синдрома. В послеоперационном периоде выявлено повышение ВГД, назначены гипотензивные капли. В 2019 году по месту жительства проведена трансклеральная циклофотоконгуляция (ЦФК). В 2023 году пациент обратился в МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Федорова.

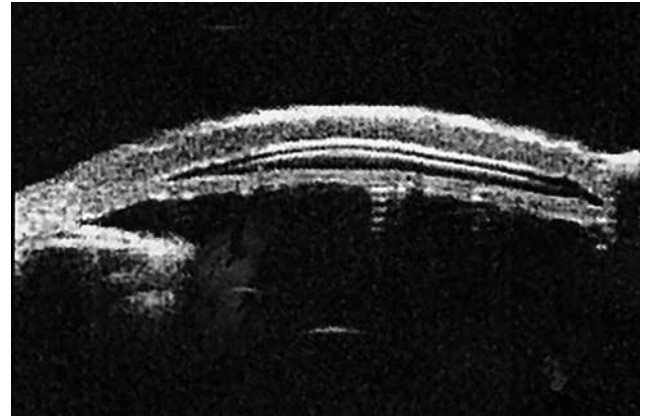


Рис. 1. Ультразвуковая биомикроскопия правого глаза.
Fig. 1. Ultrasound biomicroscopy of the right eye.

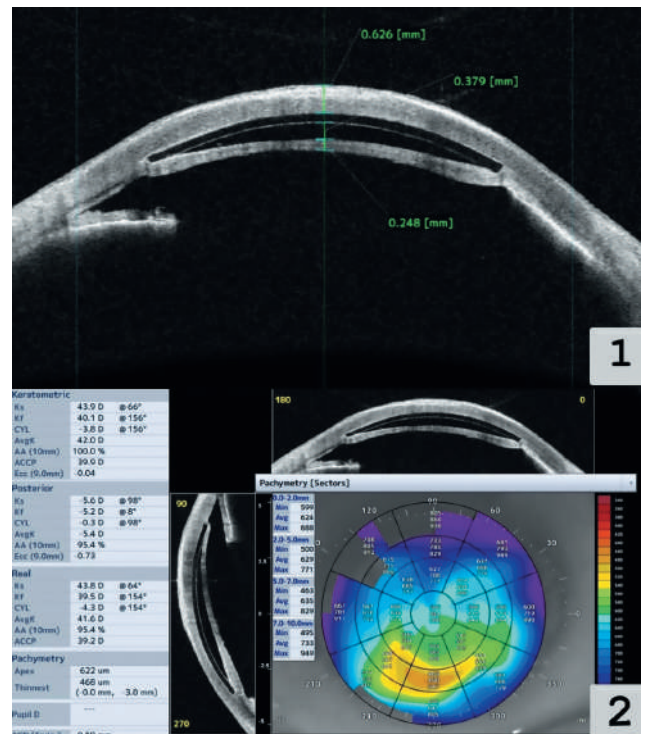


Рис. 2. Оптическая когерентная томография переднего отрезка глаза правого глаза.

Fig. 2. Optical coherence tomography of the anterior segment of the right eye.

При обращении:

Острота зрения OD 1/∞ proectia lucis certa (не корригируется), OS 1/∞ proectia lucis incerta.

ВГД OD пальпаторно «++», OS — гипотония (проведение других методов измерения ВГД невозможно из-за изменений роговицы).

В-скан: OD — Выражен вал вдавления склеры (циркулярная пломба). Оболочки прилежат. OS Глазное яблоко уменьшено в размерах. Старая субтотальная отслойка сетчатки.

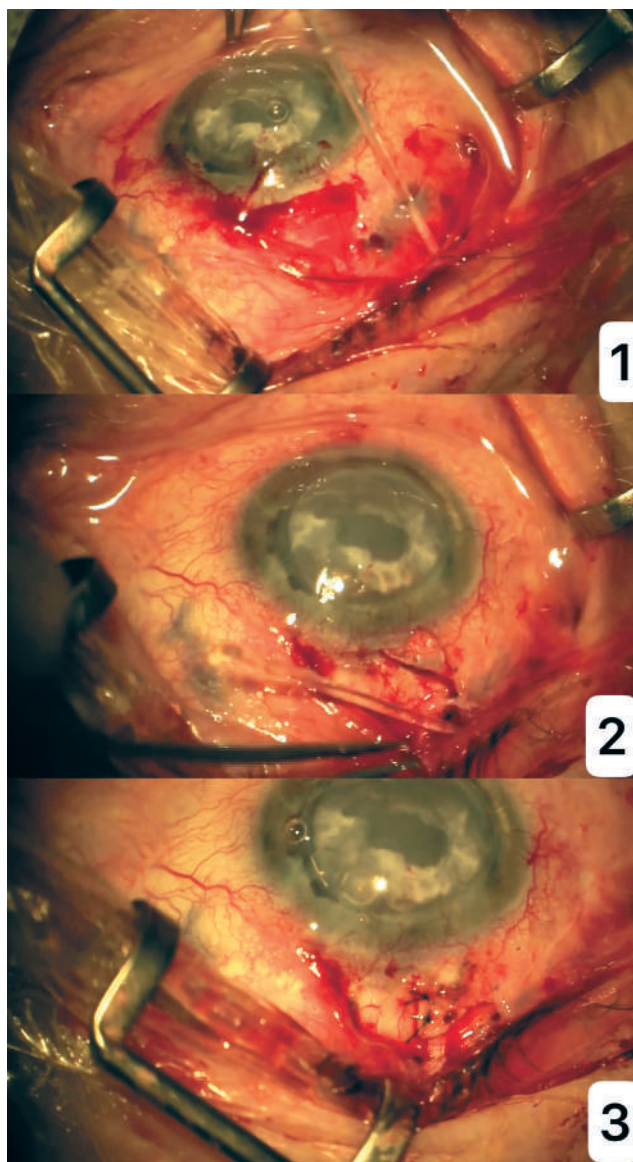


Рис. 3. Фотографии этапов имплантации клапанного дренажа Ahmed.

1 — Заведение и фиксация тела клапанного дренажа в конъюнктивальный карман; 2 — формирование склерального лоскута на 11 часах; 3 — фиксация склерального лоскута узловыми швами.

Fig. 3. Photos of the stages of Ahmed valve implantation. 1 — insertion and fixation of the valve drainage body into the conjunctival pocket; 2 — formation of the scleral flap at 11 o'clock; 3 — fixation of the scleral flap with nodular sutures.

Ультразвуковая биомикроскопия: OD — в толще роговицы имплантат, угол передней камеры (УПК) с 12 до 9 ч закрыт корнем радужки, радужка прилежит к роговице, с 9 до 12 ч УПК открыт (рис. 1).

Оптическая когерентная томография переднего отрезка: OD — на глубине $\frac{1}{2}$ толщины роговицы визуализируется интрастромальный карман с имплантированной линзой. Над областью кармана

толщина роговицы составляет 626 мкм, под линзой — 248 мкм. Расстояние от нижнего края биополимерной линзы до роговицы — 379 мкм (рис. 2).

При биомикроскопии: OD — глаз спокоен, на 1 и 11 часах стафиломы склеры, роговица отечна, отмечается буллезность эпителия, оптический срез утолщен; частично визуализируется интрастромальный имплант диаметром 8 мм. Передняя камера неравномерная, с 12 до 9 ч радужка полностью контактирует с роговицей (передние синехии), глубже лежащие среды не офтальмоскопируются.

Диагноз: OD — вторичная некомпенсированная глаукома. Состояние после интрастромальной кератопластики. Афакия. Авитрия.

OS — субатрофия глазного яблока.

OU — оперированная отслойка сетчатки.

Учитывая выраженные изменения переднего отрезка глаза, гониосинехии, афакию, авитрию, оперированную отслойку сетчатки и ЦФК в анамнезе, было принято решение о проведении антиглаукомной операции с имплантацией клапанного дренажа Ahmed. 10.12.2022 была проведена имплантация клапанного дренажа Ahmed в OD. В ходе операции был сформирован разрез конъюнктивы концентрично лимбу, проведена отсепаровка конъюнктивы и теноновой капсулы в верхненаружном квадранте в обход стафилом склеры, тело клапанного дренажа заведено в сформированный карман конъюнктивы. При введении тела дренажа к своду глаза возникли некоторые трудности из-за наличия циркулярной пломбы и спаек вокруг нее. Тело клапанного дренажа фиксировали узловыми швами за отверстия, расположенные на теле, на расстоянии 8–10 мм от лимба (рис. 3.1). Далее выкроили склеральный лоскут на 11 ч (рис. 3.2), укоротили трубку, сформировали отверстие в передней камере иглой под лоскутом и поместили трубку клапанного дренажа на 2–3 мм в переднюю камеру. Склеральный лоскут фиксировали узловыми швами (рис. 3.3). Операция закончилась наложением непрерывного шва на конъюнктиву.

При имплантации и фиксации дренажа возникли некоторые трудности в связи с наличием рубцовых изменений в зоне оперативного вмешательства после проведенной витрэктомии, стафилом склеры, циркляжа и непрозрачной роговицы.

Послеоперационный период протекал без осложнений. На 2 сутки ВГД OD пальпаторно в норме (рис. 4). Далее на сроке наблюдения до 3 месяцев ВГД компенсировано.

После стабилизации ВГД пациенту было рекомендовано проведение сквозной кератопластики (СКП) с одномоментным удалением интрастромальной биополимерной линзы.

19.04.2023 была проведена СКП. Операция производилась следующим образом: роговица была трепанирована на $\frac{1}{2}$ толщины бельма с использованием трепана диаметром 8 мм. После обнаружения

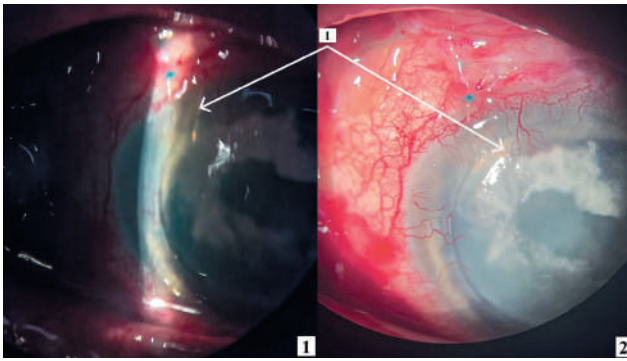


Рис. 4. Фотография переднего отрезка глаза на 2 сутки после имплантации клапанного дренажа Ahmed. 1 — трубка клапанного дренажа в передней камере глаза

Fig. 4. Photo of the anterior segment of the eye on the second day after implantation of the Ahmed valve drainage. 1 — valve drainage tube in the anterior chamber of the eye.

биополимерной линзы она была удалена с помощью пинцета (рис. 5.1). Далее роговица была надсечена одноразовым лезвием на всю толщину, после чего все перемычки были рассечены ножницами. Затем роговица была полностью удалена (рис. 5.2). Донорский трансплантат диаметром 8 мм переместили в ложе, сформированное после трепанации роговицы реципиента, и фиксировали непрерывным нейлоновым швом 10-0 (рис. 5.3).

Первые 3 дня наблюдалась гипотония, далее ВГД постепенно повышалось и к моменту выписки (на 7 сутки) пальпаторно было в пределах нормы. Острота зрения на момент выписки составила 0,1.

Спустя 1 и 3 месяца после СКП отмечалась постепенная резорбция отека с увеличением остроты зрения до 0,1 с максимальной коррекцией. Пальпаторно ВГД было в норме на протяжении всего срока наблюдения (рис. 6).

Обсуждение

В данном клиническом случае возможным патогенетическим механизмом возникновения вторичной глаукомы у пациента могло явиться нарушение анатомических структур глазного яблока вследствие афакии, воспалительная реакция на множественные оперативные вмешательства (формирование передних синехий) и оседание микрокапсул эмульгированного силикона на структурах глазного яблока.

Минимально травматичным методом при подобных изменениях является циклофотокоагуляция (ЦФК). ЦФК направлены на контроль ВГД путем уменьшения выработки водянистой влаги при воздействии лазерной энергии на цилиарное тело [1, 2]. Однако спрогнозировать снижение ВГД при проведении ЦФК невозможно. В послеоперационном периоде может возникнуть ряд серьезных осложнений, таких как гипотония, воспаление, макулярный

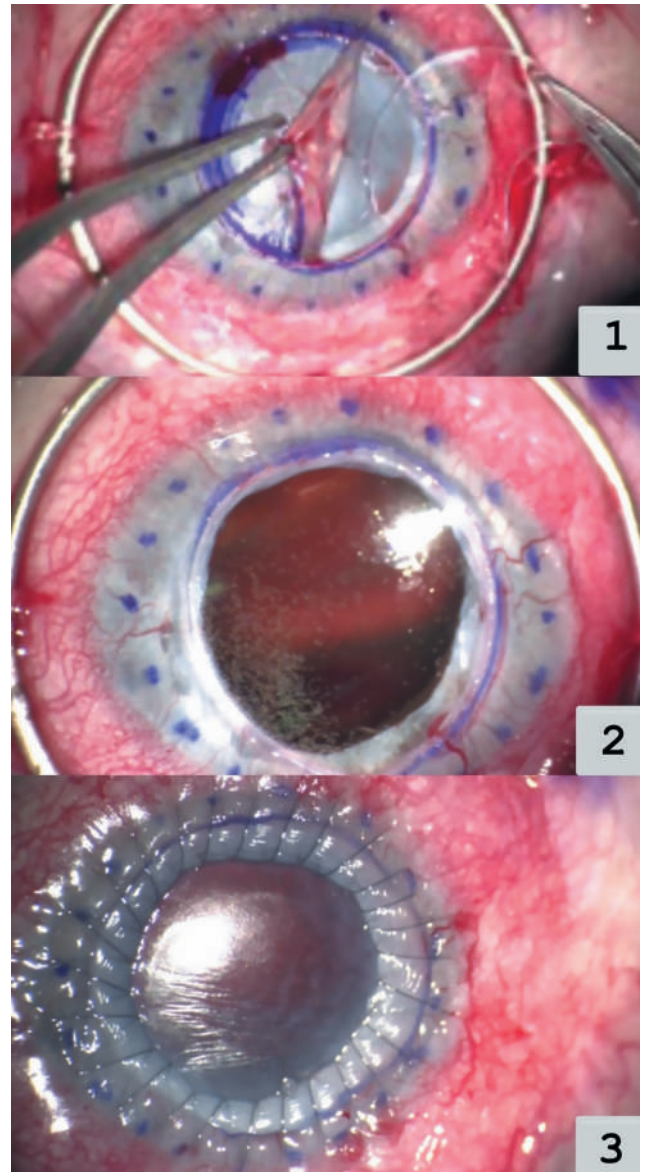


Рис. 5. Фотографии этапов сквозной кератопластики с удалением биополимерной линзы.

1 — удаление интрастромальной биополимерной линзы; 2 — состояние после полной трепанации глаза, множественные мелкие капли эмульгированного силикона; 3 — трансплантат фиксирован непрерывным швом к периферической части роговицы реципиента.

Fig. 5. Photos of the stages of penetrating keratoplasty with removal of the biopolymer lens.

1 — removal of the intrastromal biopolymer lens; 2 — condition after complete trepanation of the eye, multiple small drops of emulsified silicone; 3 — the graft was fixated with nodular sutures to the peripheral part of the recipient's cornea.

отек, декомпенсация роговицы, отслойка сосудистой оболочки и сетчатки. Данный метод лечения должен быть использован при рефрактерной глаукоме или у пациентов, которым невозможно проведение другого вида лечения из-за выраженных

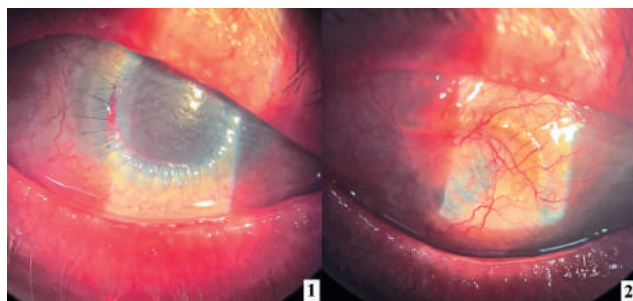


Рис. 6. Биомикроскопия переднего отрезка правого глаза через 3 месяца после сквозной пересадки роговицы.

1 — роговичный трансплантат адаптирован; 2 — трубка клапанного дренажа в обход стафиломы склеры.

Fig. 6. Biomicroscopy of the anterior segment of the right eye 3 months after end-to-end corneal transplantation.

1 — corneal graft is adapted; 2 — valve drainage tube bypassing the scleral staphyloma.

анатомических изменений переднего отрезка глаза [3, 4]. Alejandro Rodríguez-García с соавт. в своем исследовании показали, что ЦФК при рефрактерной глаукоме после СКП способствовал снижению ВГД в среднем на 55,5% после первого сеанса, а острота зрения осталась прежней или улучшилась у 81,2% пациентов [5]. Enrico Bernardi с соавт. установили, что после повторной ЦФК при различных видах рефрактерной глаукомы ВГД снижалось на 45,6% [6].

Однако в представленном клиническом случае в анамнезе уже была выполнена ЦФК и при ее повторном проведении невозможно было спрогнозировать результат, в связи с чем было принято решение об имплантации клапанного дренажа Ahmed.

В мировой практике клапанный дренаж Ahmed начали применять с 1993 года; в России клапан активно применяется при лечении рефрактерной глаукомы с 2007 г. и по настоящее время [4]. Благодаря клапанному механизму, предназначенному для поддержания ВГД выше 8 мм рт.ст., гипотония в раннем послеоперационном периоде встречается редко [4, 5]. Mehmet Orcun Akdemir с соавт. при проведении своего исследования выявили, что снижение ВГД через 12 месяцев после имплантации клапанного дренажа Ahmed составило 64,2% и после проведения трабекулэктомии 46,9% у пациентов с рефрактерной глаукомой.

Литература

1. Abdelghany AA, D'Oria F, Alio JL. Surgery for glaucoma in modern corneal graft procedures. *Surv Ophthalmol* 2021; 66(2):276-289. <https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2020.08.002>.
2. Dada T, Aggarwal A, Minudath KB, et al. Post-penetrating keratoplasty glaucoma. *Indian J Ophthalmol* 2008; 56(4):269e77. <https://doi.org/10.4103/0301-4738.41410>
3. Gupta P, Sharma A, Ichhpujani P. Post penetrating keratoplasty glaucoma — A review. *Nepalese J Ophthalmol* 2014; 6(11):80e90. <https://doi.org/10.3126/nepjoph.v6i1.10776>

В литературе также встречается применение при рефрактерной глаукоме трабекулэктомии с антимаболами. В исследовании Figueiredo с соавт. сообщается, что показатель успешности трабекулэктомии с использованием митомицина-С составляет 67% [8]. В различных опубликованных исследованиях показатели успешности имплантации клапанного дренажа Ahmed после сквозной кератопластики варьируют от 71% до 96% [9–17]. В исследовании Ayala с соавт. не было выявлено существенной разницы между трабекулэктомией и имплантацией клапанного дренажа при лечении глаукомы после СКП [18].

Однако у данного пациента в связи с выраженными изменениями УПК, передними синехиями, авитрией и помутнением роговицы выполнить трабекулэктомию было невозможно.

В представленном клиническом случае была проведена имплантация клапанного дренажа Ahmed. В раннем послеоперационном периоде осложнений не наблюдалось и ВГД было компенсировано в сроки до 3 месяцев.

Заключение

Для пролонгирования гипотензивного эффекта и минимализации интра- и послеоперационных осложнений для достижения максимально высоких зрительных функций перед проведением оптикореконструктивных операций целесообразно выполнение антиглаукомного вмешательства. При вторичной рефрактерной глаукоме, обусловленной различными факторами, выбор хирургического лечения всегда индивидуален и зависит от выраженности анатомических изменений, опыта и возможностей хирурга и зачастую требует многоэтапного лечения с постоянным динамическим наблюдением.

Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования: Старостина А.В., Головин А.В.

Сбор и обработка материала: Бурлаков К.С., Таевере М.Р., Шолохова В.Р.

Написание статьи: Бурлаков К.С., Шолохова В.Р.

Редактирование: Трошина А.А., Таевере М.Р., Старостина А.В., Головин А.В.

References

1. Abdelghany AA, D'Oria F, Alio JL. Surgery for glaucoma in modern corneal graft procedures. *Surv Ophthalmol* 2021; 66(2):276-289. <https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2020.08.002>.
2. Dada T, Aggarwal A, Minudath KB, et al. Post-penetrating keratoplasty glaucoma. *Indian J Ophthalmol* 2008; 56(4):269e77. <https://doi.org/10.4103/0301-4738.41410>
3. Gupta P, Sharma A, Ichhpujani P. Post penetrating keratoplasty glaucoma — A review. *Nepalese J Ophthalmol* 2014; 6(11):80e90. <https://doi.org/10.3126/nepjoph.v6i1.10776>

4. Vernon SA, Koppens JM, Menon GJ, Negi AK. Diode laser cycloablation in adult glaucoma: long-term results of a standard protocol and review of current literature. *Clin Exp Ophthalmol* 2006; 34(5):411e20. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9071.2006.01241.x>
5. Oztutuncu O, Altan C, Gumus G, Solmaz B, Basarir B, Alagoz N, Yasar T. Surgical management of glaucoma following different keratoplasty techniques. *Int Ophthalmol* 2022; 42(9):2829-2840. <https://doi.org/10.1007/s10792-022-02273-x>
6. Bernardi E, T teberg-Harms M. First and second transscleral cyclophotocoagulation treatments provide similar intraocular pressure-lowering efficacy in patients with refractory glaucoma. *Int Ophthalmol* 2022; 42(8):2363-2369. <https://doi.org/10.1007/s10792-022-02234-4>
7. Christakis PG, Kalenak JW, Zurakowski D, et al. The Ahmed Versus Baerveldt study: one-year treatment outcomes. *Ophthalmology* 2011; 118(11):2180-2189. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2011.05.004>
8. Parihar JK, Jain VK, Kaushik J, Mishra A. Pars Plana-Modified versus Conventional Ahmed Glaucoma Valve in Patients Undergoing Penetrating Keratoplasty: A Prospective Comparative Randomized Study. *Curr Eye Res* 2017; 42(3):436-442. <https://doi.org/10.1080/02713683.2016.1185130>
9. Kornmann HL, Gedde SJ (2015) Glaucoma management after corneal transplantation surgeries. *Curr Opin Ophthalmol* 2015; 27(2):132-139. <https://doi.org/10.1097/ICU.0000000000000237>
10. Levinson JD, Giangiacomo AL, Beck AD, et al. Glaucoma drainage devices: risk of exposure and infection. *Am J Ophthalmol* 2015; 160(3):516e21.e2. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2015.05.025>
11. Бикбов М.М., Суркова В.К., Хуснитдинов И.И., Оренбуркина О.И., Чайка О.В. Результаты хирургического лечения рефрактерной глаукомы с использованием коллагенового биодренажа. *Офтальмология* 2014; 11(2):55-58. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2014-2-55-58>
12. Lima F, Magacho L, Carvalho D, Susanna R, Avila M. A prospective, comparative study between endoscopic cyclophotocoagulation and the Ahmed drainage implant in refractory glaucoma. *J Glaucoma* 2004; 13:233-237. <https://doi.org/10.1097/00061198-200406000-00011>
13. Прокофьева М.И. Современные хирургические подходы к лечению рефрактерной глаукомы (обзор литературы). *РМЖ Клиническая офтальмология* 2010; 11(3):104108.
14. Coleman A, Hill R, Wilson M. et al. Initial clinical experience with the Ahmed glaucoma valve implant. *Am J Ophthalmol* 1995; 120:23-31. [https://doi.org/10.1016/s0002-9394\(14\)73755-9](https://doi.org/10.1016/s0002-9394(14)73755-9)
15. Слонимский А.Ю., Алексеев И.Б., Долгий С.С., Коригодский А.Р. Новый биодegradуемый дренаж «Глаутекс» в хирургическом лечении глаукомы. *Национальный журнал глаукома* 2012; 4:5559.
16. Papadaki T, Zacharopoulos I, Pasquale L, Christen W, Netland P, Foster CS. Longterm results of Ahmed glaucoma valve implantation for uveitic glaucoma. *Am J Ophthalmol* 2007; 144:6269. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2007.03.013>
17. Souza C, Tran DH, Loman J, et al. Longterm outcomes of Ahmed glaucoma valve implantation in refractory glaucomas. *Am J Ophthalmol* 2007; 144:893900. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2007.07.035>
18. Akdemir MO, Acar BT, Kokturk F, Acar S. Clinical outcomes of trabeculectomy vs. Ahmed glaucoma valve implantation in patients with penetrating keratoplasty: (Trabeculectomy vs. Ahmed glaucoma valve in patients with penetrating keratoplasty). *Int Ophthalmol* 2016; 36(4):541-546. <https://doi.org/10.1007/s10792-015-0160-9>
4. Vernon SA, Koppens JM, Menon GJ, Negi AK. Diode laser cycloablation in adult glaucoma: long-term results of a standard protocol and review of current literature. *Clin Exp Ophthalmol* 2006; 34(5):411e20. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9071.2006.01241.x>
5. Oztutuncu O, Altan C, Gumus G, Solmaz B, Basarir B, Alagoz N, Yasar T. Surgical management of glaucoma following different keratoplasty techniques. *Int Ophthalmol* 2022; 42(9):2829-2840. <https://doi.org/10.1007/s10792-022-02273-x>
6. Bernardi E, T teberg-Harms M. First and second transscleral cyclophotocoagulation treatments provide similar intraocular pressure-lowering efficacy in patients with refractory glaucoma. *Int Ophthalmol* 2022; 42(8):2363-2369. <https://doi.org/10.1007/s10792-022-02234-4>
7. Christakis PG, Kalenak JW, Zurakowski D, et al. The Ahmed Versus Baerveldt study: one-year treatment outcomes. *Ophthalmology* 2011; 118(11):2180-2189. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2011.05.004>
8. Parihar JK, Jain VK, Kaushik J, Mishra A. Pars Plana-Modified versus Conventional Ahmed Glaucoma Valve in Patients Undergoing Penetrating Keratoplasty: A Prospective Comparative Randomized Study. *Curr Eye Res* 2017; 42(3):436-442. <https://doi.org/10.1080/02713683.2016.1185130>
9. Kornmann HL, Gedde SJ (2015) Glaucoma management after corneal transplantation surgeries. *Curr Opin Ophthalmol* 2015; 27(2):132-139. <https://doi.org/10.1097/ICU.0000000000000237>
10. Levinson JD, Giangiacomo AL, Beck AD, et al. Glaucoma drainage devices: risk of exposure and infection. *Am J Ophthalmol* 2015; 160(3):516e21.e2. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2015.05.025>
11. Бикбов М.М., Суркова В.К., Хуснитдинов И.И., Оренбуркина О.И., Чайка О.В. The outcomes of refractory glaucoma surgery using collagen bio-implant. *Ophthalmology in Russia* 2014; 11(2):55-58. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2014-2-55-58>
12. Lima F, Magacho L, Carvalho D, Susanna R, Avila M. A prospective, comparative study between endoscopic cyclophotocoagulation and the Ahmed drainage implant in refractory glaucoma. *J Glaucoma* 2004; 13:233-237. <https://doi.org/10.1097/00061198-200406000-00011>
13. Prokofeva M.I. Modern surgical approaches to refractory glaucoma treatment (Literary review). *RMJ Clinical Ophthalmology* 2010; 11(3):104108.
14. Coleman A, Hill R, Wilson M. et al. Initial clinical experience with the Ahmed glaucoma valve implant. *Am J Ophthalmol* 1995; 120:23-31. [https://doi.org/10.1016/s0002-9394\(14\)73755-9](https://doi.org/10.1016/s0002-9394(14)73755-9)
15. Slonimskiy A.Yu., Alekseev I.B., Dolgiy S.S., Korigodskiy A.R. New biodegradable drainage "GlauteX" in the surgical treatment of glaucoma. *National Journal glaucoma* 2012 ;4:5559.
16. Papadaki T, Zacharopoulos I, Pasquale L, Christen W, Netland P, Foster CS. Longterm results of Ahmed glaucoma valve implantation for uveitic glaucoma. *Am J Ophthalmol* 2007; 144:6269. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2007.03.013>
17. Souza C, Tran DH, Loman J, et al. Longterm outcomes of Ahmed glaucoma valve implantation in refractory glaucomas. *Am J Ophthalmol* 2007; 144:893900. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2007.07.035>
18. Akdemir MO, Acar BT, Kokturk F, Acar S. Clinical outcomes of trabeculectomy vs. Ahmed glaucoma valve implantation in patients with penetrating keratoplasty: (Trabeculectomy vs. Ahmed glaucoma valve in patients with penetrating keratoplasty). *Int Ophthalmol* 2016; 36(4):541-546. <https://doi.org/10.1007/s10792-015-0160-9>

Современные возможности функционального скрининга глаукомы (часть 2)

СИМАКОВА И.Л., д.м.н., профессор кафедры офтальмологии¹; <https://orcid.org/0000-0001-8389-0421>

ГРИГОРЯН Л.А., заместитель генерального директора по развитию бизнеса и управлению инновациями².
<https://orcid.org/0000-0001-5610-4421>

ГОРБАЧЕВА К.С., врач-офтальмолог³. <https://orcid.org/0009-0006-5356-1313>

¹Кафедра офтальмологии ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Минобороны РФ, 194044, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Боткинская, 21;

²ООО «Тотал Вижен», 119234, Российская Федерация, Москва, муниципальный округ Раменки, ул. Ленинские горы, 1, стр. 77, 101а;

³ООО «Инкерман», 197198, Российская Федерация, Санкт-Петербург, муниципальный округ Введенский, пр. Добролюбова, 20, к. 1, литера А, этаж 1, пом. 1-Н, часть пом. 1.

Финансирование: авторы не получали финансирование при проведении исследования и написании статьи.
Конфликт интересов: отсутствует.

Для цитирования: Симакова И.Л., Григорян Л.А., Горбачева К.С. Современные возможности функционального скрининга глаукомы (часть 2). *Национальный журнал глаукома*. 2024; 23(1):58-64.

Резюме

В настоящее время для функционального скрининга глаукомы широко используются методы стандартной и нестандартной компьютерной периметрии с использованием стационарных приборов. В зарубежной литературе последних лет появилась информация о новых портативных устройствах, предназначенных для периметрии, преимуществами которых, помимо экономической доступности, являются автономность и мобильность, открывающие новые возможности их применения. К новым возможностям относятся также облачное хранение данных, использование технологий телемедицины, искусственного интеллекта, обследование пациентов с ограниченными возможностями, в том числе лежащих,

а также обследование вне медицинских учреждений. Все это позволит обеспечить глаукомных больных офтальмологической помощью во время их дистанцирования, в том числе социального, вследствие пандемии и карантина. Обзор литературы посвящен описанию новейших портативных устройств и приложений, предназначенных для периметрии, попытке их классифицировать по схожим параметрам, оценке преимуществ и недостатков, а также перспектив использования их для функционального скрининга глаукомы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: глаукома, скрининг глаукомы, портативные устройства для периметрии, стандартная и нестандартная периметрия, FDT-периметрия.

Для контактов:

Симакова Ирина Леонидовна, e-mail: irina.l.simakova@gmail.com

LITERATURE REVIEW

Modern possibilities of functional glaucoma screening (part 2)

SIMAKOVA I.L., Dr. Sci. (Med.), Professor at the Academic Department of Ophthalmology¹;
<https://orcid.org/0000-0001-8389-0421>

GRIGORYAN L.A., Deputy Chief Officer for Business Development and Innovation Management²;
<https://orcid.org/0000-0001-5610-4421>

GORBACHEVA K.S., ophthalmologist³. <https://orcid.org/0009-0006-5356-1313>

¹S.M. Kirov Military Medical Academy, Academic Department of Ophthalmology, 21 Botkinskaya St., Saint Petersburg, Russian Federation, 194044;

²OOO Total Vizhen, 1-77 Leninskie gory St., ofc. 101a, Moscow, Russian Federation, 119234;

³OOO Inkerman, 20-1 litt. A at Dobroljubova pr., floor 1, room 1-H, part of room 1, Saint Petersburg, Russian Federation, 197198.

Funding: the authors received no specific funding for this work.

Conflicts of Interest: none declared.

For citations: Simakova I.L., Grigoryan L.A., Gorbacheva K.S. Modern possibilities of functional glaucoma screening (part 2). *Natsional'nyi zhurnal glaukoma*. 2024; 23(1):58-64.

Abstract

Nowadays methods of standard and non-standard computerized perimetry using stationary devices are widely used in functional screening of glaucoma. The information about new portable devices for perimetry has appeared in foreign literature in recent years, describing such advantages as economic availability, autonomy and mobility, which open up new possibilities for their use. New possibilities include cloud storage of data, the use of telemedicine technologies, artificial intelligence, examination of patients with disabilities, including those who are bedridden, as well as examination outside of medical

institutions. All of this can allow glaucoma patients to receive ophthalmic care when in-person visits are unavailable, including social distancing needed during a pandemic or quarantine. This review of the literature describes the latest portable devices and applications for perimetry, attempts to classify them according to similar parameters, and assesses their advantages and disadvantages, as well as the prospects for their use in functional screening of glaucoma.

KEYWORDS: glaucoma, glaucoma screening, portable devices for perimetry, standard and non-standard perimetry, FDT-perimetry.

VR-очки с использованием держателей для смартфонов (или VR-очки типа Cardboard)

Конструкция таких устройств одинакова: VR-очки с держателем для смартфона, кликер для обратной связи и планшет или смартфон для управления исследованием. Существенным недостатком является привязка устройства к определенным моделям смартфонов, что вызовет очевидные проблемы в случае ухода этих моделей с рынка. Кроме того, выполнено крайне небольшое количество обстоятельных и репрезентативных исследований этих устройств, что не позволяет качественно оценить их перспективы. Но среди них есть образцы, технологии которых могут быть в дальнейшем использованы для специально разработанных портативных устройств. Например, VR-очки на базе шлема nGoggle, с помощью которых осуществляется попытка объективного исследования поля зрения на основе оценки зрительных вызванных потенциалов.

Периметр nGoggle разработан компанией nGoggle, Inc. (США). В его основе использованы VR-очки Samsung Gear VR, в конструкции которых имеется держатель для установки смартфона определенных моделей Samsung Galaxy (Galaxy Note 4, Galaxy Note 5, Galaxy Note 7, Galaxy S6/S6 Edge/S6 Edge+, Galaxy S7/S7 Edge, Galaxy S8/S8+, Galaxy S9/S9+). Прибор оснащен линзами, регулятором фокусировки и датчиками наклона головы. VR-очки соединяются со смартфоном через microUSB. В приборе имеется беспроводная система — нейромонитор (3×4,5×1,5 см без учета литий-ионной батареи) с регистрацией электроэнцефалограммы (ЭЭГ) по 6 каналам и электроокулограммы (ЭОГ) по 4 каналам, которая оснащена встроенным двухъядерным процессором и позволяет оценивать электрическую активность мозга при тестировании определенных участков поля зрения. В этой системе используются сухие электроды на основе полимера для ЭЭГ и на основе пены для ЭОГ. В шлеме также имеется

бинокулярный 3D-дисплей, система отслеживания взгляда с помощью инфракрасных светодиодов и камер с частотой 30 кадров в секунду, датчик движения для контроля положения головы. Мобильное приложение для предъявления многократных мультифокальных визуальных стимулов предназначено для использования на телефоне Android с дисплеем с частотой 60 кадров в секунду [1, 2].

На сайте компании nGoggle Inc. представлена еще одна модель периметра, специально разработанная для выполнения периметрии без взятых за основу VR-очков другой компании. Но ее подробные характеристики не указаны, а также отсутствуют данные о клинических исследованиях данной модели. Поэтому далее рассмотрены результаты исследования более ранней модели nGoggle.

М. Nakanishi et al. (2017) провели исследование на базе Калифорнийского университета (The Visual Performance Laboratory of the University of California San Diego), целью которого было определить диагностические возможности nGoggle дифференцировать глаукомные и здоровые глаза. В исследование включили 62 глаза 33 пациентов с глаукомой и 30 глаз 17 здоровых участников. Средний возраст пациентов с глаукомой составил $68,2 \pm 11,0$ лет, а здоровых участников – $66,1 \pm 9,9$ лет. В ходе исследования 6 датчиков для регистрации ЭЭГ располагались в позициях Pz, PO4, PO3, O1, Oz и O2 в соответствии с международной системой 10-20. Зрительные стимулы состояли из 2 паттернов, мерцающих с частотой 8,0–11,8 Гц с интервалом 0,2 Гц. Исследование ЦПЗ выполнялось в пределах 35° . Эксперимент состоял из 3 сеансов А-паттерна и 3 сеансов Б-паттерна для каждого глаза. Испытуемые занимали удобное положение для исследования и фиксировали взгляд на точке, расположенной в центре экрана. Каждый сеанс содержал 30 стимулов продолжительностью 6 с, включая 5 с визуальной стимуляции с последующим коротким перерывом в 1 с (всего 3 минуты). Средний параметр mfSSVEP (мультифокальный стационарный зрительно-вызванный потенциал) nGoggle был ниже для глаз с глаукомой ($0,289 \pm 0,02$) по сравнению со здоровыми глазами ($0,334 \pm 0,02$). Статистически значимых различий в секторальных измерениях между nGoggle и САП не наблюдалось. Повторяемость измерений, полученных с помощью nGoggle, исследовали на 20 глазах 10 участников с глаукомой. Средний коэффициент вариации глобального параметра mfSSVEP составил 3,03% (95%), тогда как коэффициенты вариации для секторов варьировались от 4,14% до 7,45%. Исследование показало, что nGoggle смог отличить глаза с ГОН от здоровых. Кроме того, установлена хорошая повторяемость тестов с помощью nGoggle, что может позволить использовать данный метод для мониторинга глаукомного процесса в перспективе [3].

Описанное исследование было выполнено с целью первоначальной оценки возможности использования nGoggle в качестве портативного устройства для выполнения объективной периметрии. Но для оценки перспективы использования nGoggle для функционального скрининга глаукомы необходимы дальнейшие репрезентативные исследования.

Программы для игровых VR-шлемов по типу VR-kit

Рассмотрим такой тип устройств на примере VisuALL (Olleyes, США), состоящего из двух частей: аппаратной и программной. Аппаратная часть включает в себя три основных компонента: VR-шлем на платформе Pico (Pico Interactive, Inc., США), устройство с доступом в интернет (ноутбук, телефон или планшет) и кликер, подключенный посредством Bluetooth. Программное обеспечение VisuAll включает облачный сервер Olleyes, веб-приложение VisuALL и алгоритмы Unity. Протоколы исследований VisuALL используют стимулы размером III по Гольдману. В ходе исследования белый стимул отображается на черном фоне (1 кд/м^2). Есть несколько протоколов выполнения периметрии: протокол T-24 тестирует 50 точек ЦПЗ в пределах 24° (с тестовыми точками на расстоянии 6° друг от друга), а T-10 тестирует 68 центральных точек в пределах 10° (с тестовыми точками на расстоянии 2°). Пороговые значения указываются в децибелах (дБ) в диапазоне 0–49. Потери фиксации взгляда определяются по методу Heijl-Krakau. Ложноотрицательные ответы оцениваются путем показа испытуемому стимула ниже по яркости на $0,5 \text{ кд/м}^2$, чем ранее представленный; результат регистрируется, если испытуемый не нажал на кликер. После завершения исследования программное обеспечение создает отчет [4].

R. Razeghinejad et al. (2020) оценили диагностические возможности использования VisuALL для исследования поля зрения у здоровых людей и пациентов с глаукомой. В исследование было включено 50 здоровых глаз 25 человек и 52 глаза 26 человек с I и II стадией глаукомы. Всем участникам выполнили исследование поля зрения с помощью VisuALL и HFA (программа 24-2, алгоритм SITA). Средняя светочувствительность во всех квадрантах по результату периметрии с помощью VisuALL и HFA значительно коррелировала как в группе здоровых ($r=0,5$; $p=0,001$), так и в группах пациентов с глаукомой ($r=0,8$; $p<0,001$) [5].

Представленные в литературе данные о проведенных исследованиях устройства VisuALL пока недостаточны, чтобы оценить его возможности и перспективы в функциональном скрининге глаукомы.

Периметры со шлемами, специально разработанными для выполнения периметрии

Этот вид портативных устройств является самым перспективным среди приведенных выше, так как шлемы специально разрабатываются для выполнения периметрии с учетом особенностей жидкокристаллических (ЖК) мониторов и конструкции VR-очков. Наиболее изученным является периметр IMO, который был разработан в 2015 году японской компанией CREWT Medical Systems, Inc для выполнения традиционной периметрии «белый стимул на белом фоне». Данное устройство состоит из специально разработанного шлема, планшета для управления, который подключен к периметру посредством интерфейса Wi-Fi, и кнопки для ответов пациента, подключенной через Bluetooth. В шлем встроены литий-ионный аккумулятор и компьютерный блок. Стимулы отображаются с помощью ЖК-дисплеев высокой чёткости и светодиодной подсветки. Разрешение каждого экрана составляет 1 920 на 1 080 пикселей; фактически для тестирования используется 79 800 пикселей. Правая и левая оптические системы полностью разделены, а предъявление стимулов и мониторинг положения зрачка выполняются отдельно для каждого глаза. Исследование поля зрения можно выполнить в пределах 35° от точки фиксации. Размеры предъявляемых стимулов составляют от I до V по Гольдману. Так, стимул размером III отображается с использованием 37 пикселей. Из-за ограничения разрешения дисплея стимулы размерами II и I соответственно отображаются с использованием 12 и 2 пикселей, причем в настоящее время на ЖК-экране невозможно представить стимул размером I круглой формы. В ходе периметрии положение зрачков непрерывно отслеживается с частотой кадров в 30 Гц. Яркость стимула во время исследования находится в пределах $0,032\text{--}3\,183\text{ кд/м}^2$, а яркость фона — 10 кд/м^2 , длительность предъявления стимула составляет 200 мс. Частота обновления экрана составляет 60 Гц, а интенсивность стимула достигает нужного уровня яркости в пределах одного кадра ($0,00167\text{ с}$). Тестовые схемы, используемые для IMO, сопоставимы с таковыми у HFA — 30-2, 24-2, 10-2. В дополнение к ним IMO включает программы 24plus (1-2) и 24plus (1). В ходе 24plus (1-2) на периферии предъявляются те же стимулы, что и при 24-2, но в пределах центральных 10° поля зрения дополнительно предъявляются 28 точек с интервалом 2° , а 24plus (1) предъявляет 36 стимулов вдоль слоя нервных волокон вблизи точки фиксации. Кроме того, если у испытуемого имеются аномалии рефракции, то их можно корректировать с помощью встроенных в шлем сферических линз в диапазоне $-9,0\text{...}+3,0$ диоптрий, а при помощи дополнительной съемной системы магнитных линз

можно корректировать и астигматизм. При помощи IMO можно тестировать как правый и левый глаз отдельно, так и два глаза одновременно, предъявляя стимул одному из глаз случайным образом. При этом испытуемый не знает, какой именно глаз исследуется. [6].

Разработаны два типа периметров IMO: i-H — head-mounted type и i-F — fixed position type. Периметр первого типа надевается на голову испытуемого и ни к чему не прикреплен, а второго типа прикреплен к панели и требует определенного положения испытуемого (как при исследовании с помощью периметра HFA), но может использоваться и без крепления [7].

При выполнении исследования на i-H типе прибора следует обращать внимание на положение головы испытуемого, так как ее наклон может влиять на результат исследования. S. Yamao et al. (2017) провели исследование, в котором определяли влияние наклона головы на результат периметрии с помощью IMO, а именно связь между углом наклона головы, встречным вращением глазных яблок (вестибулоокулярный рефлекс, характеризующийся торсионными поворотами глаза в ответ на боковой наклон головы) и результатом исследования поля зрения. На основании полученных данных, авторы рекомендуют ограничивать наклон головы испытуемого при выполнении исследования с помощью IMO до 20° [7].

T. Kimura et al. (2019) выполнили исследование результатов периметрии, полученных при помощи HFA и IMO, на базе глазной клиники в Токио (the Ueno Eye Clinic). В исследование были включены 273 человека (543 глаза), из которых 147 испытуемым (292 глаза) проводилась периметрия с помощью i-H типа IMO, а 126 (251 глаз) — с помощью i-F типа. Из 543 глаз 118 были с ПОУГ, 250 глаз — с глаукомой нормального давления, 25 — с первичной закрытоугольной глаукомой, 10 — с вторичной глаукомой, 140 — с препериметрической глаукомой. Средний возраст испытуемых составил $62,9 \pm 13,0$ лет. Всем участникам выполнялась периметрия с помощью периметра HFA по стандартной программе SITA 30-2 (76 точек) и с помощью периметра IMO по программе 24plus (1-2) (78 точек). Средние значения индекса MD для HFA и IMO составили $-6,1 \pm 7,8$ и $-6,2 \pm 7,1$ дБ, соответственно. Общее среднее время исследования было меньше на 30,8% для IMO по сравнению с HFA [6].

Goukon H. et al. (2019) провели исследование, в котором оценили результаты теста поля зрения у пациентов с глаукомой и псевдо-потерей фиксации (по результатам выполнения периметрии с помощью HFA). В исследование было включено 54 глаза 54 пациентов, у которых частота потери фиксации составляла более 20%. Всем пациентам была выполнена периметрия с помощью HFA по протоколам SITA 30-2 и 24-2, а также исследование



Рис. 1. VR-шлем Stimulus.

Fig. 1. VR headset Stimulus.

на ИМО по протоколам AIZE 30-2 и 24-2. Сравнение проводилось по следующим параметрам: ложноположительные (FP) и ложноотрицательные ответы (FN), частота потери фиксации (FL), индексы MD и PSD, индекс поля зрения (VFI) и светочувствительность в каждой контрольной точке. Не было получено существенных различий в значениях MD, PSD и VFI, и эти показатели сильно коррелировали между собой ($r > 0,96$; $p < 0,01$). Существенной разницы показателей FP и FN не было получено, в то время как частота FL по данным HFA была 27,5%, а по результатам исследований на ИМО — 13,2% ($p < 0,01$). В каждой контрольной точке чувствительность сетчатки в среднем была на 1,7 дБ выше при использовании HFA по сравнению с ИМО ($p < 0,01$). Таким образом, существенной разницы показателей у пациентов с глаукомой и псевдо-потерей фиксации при исследовании с помощью HFA и ИМО получено не было [8].

Y. Nakai et. al (2021) провели сравнительное исследование результатов периметрии, выполненной при помощи ИМО и HFA. В исследование были включены 64 человека с глаукомой (128 глаз) и 20 здоровых людей (40 глаз). Сравнили следующие параметры: индексы MD, PSD, VFI и светочувствительность. Результаты индексов MD ($r = 0,886$, $p < 0,001$), PSD ($r = 0,814$, $p < 0,001$) и VFI ($r = 0,871$, $p < 0,001$) обоих периметров высоко коррелировали. Чувствительность периметра ИМО составила 80,5% для MD, 81,2% для PSD и 80,5% для VFI, а для HFA — 63,3%, 74,5% и 80,5%, соответственно. Оба периметра продемонстрировали высокую диагностическую способность, и между их результатами не было отмечено существенной разницы. Несмотря на то, что была получена положительная корреляция результатов, авторы провели анализ Бланда-Альтмана, чтобы проверить, имеется ли различие в результатах при прогрессировании глаукомы. Анализ показал, что различие между данными периметров ИМО и HFA имело тенденцию к увеличению по мере прогрессирования глаукомы,

и пропорциональная ошибка наблюдалась в индексах MD, PSD и VFI во всех случаях. Таким образом, при определении этих параметров требуется осторожность, поскольку разница между результатами, полученными с помощью ИМО и HFA, увеличивается по мере прогрессирования нарушений в поле зрения. Авторы полагают, что измерения, полученные с помощью ИМО, могут указывать на более высокую скорость ухудшения глаукомы, чем предполагалось по данным HFA [9].

На основании данных литературы можно сделать вывод, что в результате сравнительных исследований ИМО и САП с помощью периметрии на HFA получена высокая корреляция результатов для начальных глаукомных изменений поля зрения, но при более выраженной депрессии светочувствительности увеличивается различие в результатах этих периметров. Вероятно, хорошую корреляцию результатов можно объяснить тем, что технические параметры ИМО незначительно отличаются от таковых в САП: яркость фона в периметре ИМО (31,4 асб) отличается от параметров САП (31,5 асб) всего на 0,1 асб, нижняя граница яркости предъявляемых стимулов (0,1 асб) отличается от САП (0,08 асб) на 0,02 асб, а размер предъявляемых стимулов и длительность их предъявления соответствуют стандартным требованиям к САП. К тому же исследование выполняется с помощью системы виртуальной реальности, которая позволяет воссоздать полусферу для предъявления стимулов, как в периметре HFA. Однако необходимо продолжать клинические исследования пациентов с разными стадиями глаукомы, чтобы исключить возможные ошибки и расхождения данных, после выполнения которых перспектива использования данного прибора для функционального скрининга глаукомы станет окончательно ясной.

В 2018 году отечественная компания ООО «Тотал Вижен», резидент фонда Сколково, разработала прототип периметра на базе собственной системы виртуальной реальности, получивший название Stimulus (рис. 1). Эта разработка была отмечена рядом наград и дипломов победителя на многих экономических и научных форумах всероссийского значения и с международным участием. В 2019 году проект получил специальный приз «BEST INTERNATIONAL INVENTION» на всемирном конкурсе изобретений ISIF-2019.

Аппаратно-программный комплекс периметра Stimulus состоит из специально разработанных VR-шлема и вычислительного устройства. Управление осуществляется с помощью планшета через сеть Wi-Fi. Принцип работы устройства схож с вышеописанными приборами данного типа [10, 11]. Специалисты компании ООО «Тотал Вижен» провели работу по усовершенствованию своей системы виртуальной реальности (VR) для реализации технологии FDT-периметрии. Работа велась на основе

программной версии авторской модификации FDT-периметрии, которая была разработана с 2003 по 2007 гг. на кафедре офтальмологии Военно-медицинской академии И.Л. Симаковой под руководством профессора В.В. Волкова совместно с сотрудниками кафедры прикладной математики Санкт-Петербургского государственного политехнического университета [12, 13, 14].

В декабре 2022 года на кафедре офтальмологии Военно-медицинской академии завершена инициативная НИР «Сравнительное исследование методов стандартной и нестандартной компьютерной периметрии у здоровых лиц и больных глаукомой с целью скрининга и ранней диагностики», которая выполнялась совместно с ООО «Тотал Вижен» с 01.2021 по 01.2023, целью которой являлось усовершенствование известной авторской модификации метода нестандартной FDT-периметрии [12] для адаптации данного метода к аппаратной и программной базе экспериментальной модели периметра Stimulus.

В ходе выполнения НИР было получено хорошее совпадение результатов обоих вариантов FDT-периметрии в основной группе пациентов с ПОУГ, разделенной по стадии заболевания, и контрольной группе, состоящей из здоровых лиц. Результатам этой НИР посвящена наша оригинальная статья.

Литература

1. Medeiros F.A., Zao J.K., Wang Y., Nakanishi M., Lin Y.-P., Diniz-Filho A., Jung T.-P. The nGoggle: a portable brain-based method for assessment of visual function deficits in glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2016; 57(12).
2. Zao J.K., Jung T.-P., Chang H.-M., Gan T.-T., Wang Y.-T., Lin Y.-P., Wen-Hao Liu W.-H., Guang-Yu Zheng G.-Y., Chin-Kuo Lin C.-K., Chia-Hung Lin C.-H., Yu-Yi Chien Y.-Y., Lin F.-C., Huang Y.-P., Méndez S.J.R., Medeiros F.A. Augmenting VR/AR Applications with EEG/EOG Monitoring and Oculo-Vestibular Recoupling. *Foundations of augmented cognition: neuroergonomics and operational neuroscience*. Switzerland: Springer International Publishing; 2016.
3. Nakanishi M., Wang Y., Jung T., Zao J. K., Chien Y., Diniz-Filho A., Daga F.B., Lin Y.-P., Wang Y., Medeiros F.A. Detecting glaucoma with a portable brain-computer interface for objective assessment of visual function loss. *JAMA Ophthalmology* 2017; 135(6):550-557. <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2017.0738>.
4. Montelongo M., Gonzalez A., Morgenstern F., Donahue S.P., Groth S.L. A Virtual reality-based automated perimeter, device, and pilot study. *Transl Vis Sci Technol* 2021; 10(3):20. <https://doi.org/10.1167/tvst.10.3.20>.
5. Razeghinejad R., Gonzalez-Garcia A., Myers J.S., Katz L.J. Preliminary report on a novel virtual reality perimeter compared with standard automated perimetry. *J Glaucoma* 2021; 30(1):17-23. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000001670>.
6. Kimura T., Matsumoto C., Nomoto H. Comparison of head-mounted perimeter (imo) and Humphrey field analyzer. *Clin Ophthalmol* 2019; 13:501-513. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S190995>.
7. Yamao S., Matsumoto C., Nomoto H., Numata T., Eura M., Yamashita M., Hashimoto S., Okuyama S., Kimura S., Yamanaka K., Chiba Y., Aihara M., Shimomura Y. Effects of head tilt on visual field testing with a head-mounted perimeter imo. *PLoS ONE* 2017; 2(9):e0185240. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185240>.

Заключение

На сегодняшний день существует достаточно большое количество портативных устройств для исследования поля зрения, с помощью которых можно выполнять периметрию даже в домашних условиях. Однако большинство из них до сих пор являются экспериментальными моделями. Количество исследований этих приборов пока немногочисленно, а качество их выполнения не всегда позволяет полностью доверять результатам из-за малого количества участников, неполного описания устройства приборов, параметров исследований и пр. Однако в части выше представленных исследований авторами получены результаты, сопоставимые с данными периметрии HFA, в том числе при начальной стадии ПОУГ. Поэтому в перспективе такие разработки портативных устройств для периметрии, особенно на базе специально разработанных шлемов виртуальной реальности, смогут широко использоваться в офтальмологической практике, в том числе и для функционального скрининга глаукомы благодаря своей мобильности, автономности, экономической доступности, отсутствию строгих требований к положению пациента, освещенности и размерам помещения для исследования.

References

1. Medeiros F.A., Zao J.K., Wang Y., Nakanishi M., Lin Y.-P., Diniz-Filho A., Jung T.-P. The nGoggle: a portable brain-based method for assessment of visual function deficits in glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2016; 57(12).
2. Zao J.K., Jung T.-P., Chang H.-M., Gan T.-T., Wang Y.-T., Lin Y.-P., Wen-Hao Liu W.-H., Guang-Yu Zheng G.-Y., Chin-Kuo Lin C.-K., Chia-Hung Lin C.-H., Yu-Yi Chien Y.-Y., Lin F.-C., Huang Y.-P., Méndez S.J.R., Medeiros F.A. Augmenting VR/AR Applications with EEG/EOG Monitoring and Oculo-Vestibular Recoupling. *Foundations of augmented cognition: neuroergonomics and operational neuroscience*. Switzerland: Springer International Publishing; 2016.
3. Nakanishi M., Wang Y., Jung T., Zao J. K., Chien Y., Diniz-Filho A., Daga F.B., Lin Y.-P., Wang Y., Medeiros F.A. Detecting glaucoma with a portable brain-computer interface for objective assessment of visual function loss. *JAMA Ophthalmology* 2017; 135(6):550-557. <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2017.0738>.
4. Montelongo M., Gonzalez A., Morgenstern F., Donahue S.P., Groth S.L. A Virtual reality-based automated perimeter, device, and pilot study. *Transl Vis Sci Technol* 2021; 10(3):20. <https://doi.org/10.1167/tvst.10.3.20>.
5. Razeghinejad R., Gonzalez-Garcia A., Myers J.S., Katz L.J. Preliminary report on a novel virtual reality perimeter compared with standard automated perimetry. *J Glaucoma* 2021; 30(1):17-23. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000001670>.
6. Kimura T., Matsumoto C., Nomoto H. Comparison of head-mounted perimeter (imo) and Humphrey field analyzer. *Clin Ophthalmol* 2019; 13:501-513. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S190995>.
7. Yamao S., Matsumoto C., Nomoto H., Numata T., Eura M., Yamashita M., Hashimoto S., Okuyama S., Kimura S., Yamanaka K., Chiba Y., Aihara M., Shimomura Y. Effects of head tilt on visual field testing with a head-mounted perimeter imo. *PLoS ONE* 2017; 2(9):e0185240. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185240>.

8. Goukon H., Hirasawa K., Kasahara M., Matsumura K., Shoji N. Comparison of Humphrey field analyzer and imo visual field test results in patients with glaucoma and pseudo-fixation loss. *PLoS ONE* 2019; 14(11):e0224711. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224711>.
9. Nakai Y., Bessho K., Shono Y., Taoka K. Comparison of imo and humphrey field analyzer perimeters in glaucomatous eyes. *Int J Ophthalmol* 2021; 14(12):1882-1887. <https://doi.org/10.18240/ijo.2021.12.11>.
10. Еричев В.П., Ермолаев А.П., Антонов А.А., Котляр К., Мазурова Ю.В., Левицкий Ю.В., Хдери Х. Исследование поля зрения при помощи портативного периметра выполненного на базе шлема виртуальной реальности. *Новости глаукомы* 2018; 4(48):42-43. <https://doi.org/10.30808/978-5-6040782-2018-1-1-106-110>.
11. Еричев В.П., Ермолаев А.П., Антонов А.А., Григорян Г.Л., Косова Д.В. Новые возможности исследования поля зрения. *Вестник офтальмологии* 2018; 2(134):66-73. <https://doi.org/10.17116/oftalma2018134266-72>.
12. Симакова И.Л., Волков В.В., Бойко Э.В., Клавдиев В.Е. Создание метода периметрии с удвоенной пространственной частотой за рубежом и в России. *Национальный журнал глаукома* 2009; 8(2):5-21.
13. Симакова И.Л., Волков В.В., Бойко Э.В., Клавдиев В.Е., Андреа К., изобретатели; Способ компьютерной диагностики открытоугольной глаукомы. РФ патент 2357651. 2009.
14. Симакова И.Л., Волков В.В., Бойко Э.В., Клавдиев В.Е., Андреа К., изобретатели; Способ скрининговой диагностики глаукомы. РФ патент 2357652. 2009.
8. Goukon H., Hirasawa K., Kasahara M., Matsumura K., Shoji N. Comparison of Humphrey field analyzer and imo visual field test results in patients with glaucoma and pseudo-fixation loss. *PLoS ONE* 2019; 14(11):e0224711. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224711>.
9. Nakai Y., Bessho K., Shono Y., Taoka K. Comparison of imo and humphrey field analyzer perimeters in glaucomatous eyes. *Int J Ophthalmol* 2021; 14(12):1882-1887. <https://doi.org/10.18240/ijo.2021.12.11>.
10. Eriчев V.P., Ermolaev A.P., Antonov A.A., Kotliar K., Mazurova Iu.V., Levitsky Yu.V., Hderi K. Study of the field of view using a portable perimeter made on the basis of a virtual reality helmet. *Glaucoma news* 2018; 4(48):42-43. <https://doi.org/10.30808/978-5-6040782-2018-1-1-106-110>.
11. Eriчев V.P., Ermolaev A.P., Antonov A.A., Grigorjan G.L., Kosova D.V. New possibilities of visual field research (preliminary report). *Vestnik oftal'mologii* 2018; 2(134):66-73. <https://doi.org/10.17116/oftalma2018134266-72>.
12. Simakova I.L., Volkov V.V., Boiko E.V., Klavdiev V.E. Creation of the method of frequency-doubling technology perimetry: an international and Russian experience. *National Journal glaucoma* 2009; 8(2):5-21.
13. Simakova I.L., Volkov V.V., Bojko Je.V., Klavdiev V.E., Andrea K., inventors; Sposob komp'juternoj diagnostiki otkrytougol'noj glaukomy [The method of computer diagnostics of open-angle glaucoma]. Patent RF 2357651, 2009.
14. Simakova I.L., Volkov V.V., Bojko Je.V., Klavdiev V.E., Andrea K., inventors; Sposob skrininogovoj diagnostiki glaukomy [The method for screening diagnosis of glaucoma]. Patent RF 2357652, 2009.

Взаимосвязь метаболического синдрома и его коррекции с развитием и прогрессированием глаукомы

Макогон С.И., д.м.н., доцент, заведующая кафедрой офтальмологии с курсом ДПО¹, заведующая взрослого офтальмологического поликлинического отделения²;
<https://orcid.org/0000-0002-3943-1188>

Иванова Д.И., ассистент кафедры офтальмологии с курсом ДПО¹.
<https://orcid.org/0000-0003-1138-8904>

¹ФГБОУ ВО «Алтайский государственный медицинский университет» Минздрава России, 656038, Российская Федерация, Барнаул, пр. Ленина, 40;

²КГБУЗ «Алтайская краевая офтальмологическая больница», 656002, Российская Федерация, Барнаул, ул. Советская, 8.

Финансирование: авторы не получали финансирование при проведении исследования и написании статьи.
Конфликт интересов: отсутствует.

Для цитирования: Макогон С.И., Иванова Д.И. Взаимосвязь метаболического синдрома и его коррекции с развитием и прогрессированием глаукомы. *Национальный журнал глаукома*. 2024; 23(1):65-74.

Резюме

Глаукома по-прежнему остается основной причиной необратимой слепоты во всем мире. Основным доказанным фактором риска является повышенный уровень внутриглазного давления. Но остаются вопросы о влиянии различных соматических заболеваний и их коррекции на течение глаукомы. В обзоре представлена информация о метаболическом синдроме, рассмотрены некоторые его компоненты и их коррекция у пациентов с глаукомой.

Метаболический синдром включает в себя артериальную гипертензию, сахарный диабет, дислипидемию и ожирение. Представленные экспериментальные и клинические исследования показывают, что компоненты метаболического синдрома коррелируют с глаукомой. Такие компоненты метаболического синдрома, как артериальная гипертензия и сахарный диабет, как факторы риска развития глаукомы не вызывают сомнений. Мнение исследователей в отношении ожирения

и дислипидемии как факторов риска неоднозначны. Но в последнее время к ним возрос интерес, что связано с углубленным изучением микробиома, изменение которого играет определенную роль в развитии нейродегенеративных заболеваний центральной нервной системы и сетчатки. В ряде исследований отмечено, что избыточный вес и ожирение связано с риском развития глаукомы. Показатели липидного обмена также имели определенную связь с риском развития глаукомного процесса. Для коррекции нарушений липидного обмена активно используется группа препаратов — статинов. Последние исследования показывают, что они могут оказывать не только гиполипидемическое действие. Так, в ряде работ продемонстрировано улучшение кровообращения и нейропротекторный эффект.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: глаукома, метаболический синдром, нарушение липидного обмена, статины.

Для контактов:

Макогон Светлана Ивановна, e-mail: vvk_msi@mail.ru

LITERATURE REVIEW

The relationship of the metabolic syndrome and its correction with the development and progression of glaucoma

MAKOGON S.I., Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Head of the Academic Department of Ophthalmology with a CPE course¹, Head of the Adult Ophthalmological Polyclinic Department²;
<https://orcid.org/0000-0002-3943-1188>

IVANOVA D.I., Assistant at the Academic Department of Ophthalmology with a CPE course¹.
<https://orcid.org/0000-0003-1138-8904>

¹Altai State Medical University, 40 Lenina ave., Barnaul, Russian Federation, 656038;

²Altai Regional Ophthalmological Hospital, 8 Sovetskaya St., Barnaul, Russian Federation, 656002.

Funding: the authors received no specific funding for this work.

Conflicts of Interest: none declared.

For citations: Makogon S.I., Ivanova D.I. The relationship of the metabolic syndrome and its correction with the development and progression of glaucoma. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma*. 2024; 23(1):65-74.

Abstract

Glaucoma continues to be the leading cause of irreversible blindness worldwide. The main proven risk factor is elevated intraocular pressure. But questions remain on the impact of various somatic diseases and their correction on the course of glaucoma. This review provides information on the metabolic syndrome and considers some of its components and their correction in patients with glaucoma.

The metabolic syndrome includes arterial hypertension, diabetes mellitus, dyslipidemia and obesity. The presented experimental and clinical studies show that the components of the metabolic syndrome correlate with glaucoma. Such components of the metabolic syndrome as arterial hypertension and diabetes mellitus are without doubt risk factors for the development of glaucoma. The opinions of researchers regarding whether obesity and dyslipidemia

can also be considered risk factors are ambiguous. Recently, however, interest in them has increased due to in-depth study of the microbiome, since changes in it play a certain role in the development of neurodegenerative diseases of the central nervous system and the retina. Several studies have noted that being overweight and obese is associated with a risk of developing glaucoma. Indicators of lipid metabolism also showed a certain relationship with the risk of developing glaucoma. Treatment of lipid metabolism disorders commonly involves the use of statin drugs. Recent studies show that they may have more than just a hypolipidemic effect. A number of studies has demonstrated that the use of statins improves blood circulation and has a neuroprotective effect.

KEYWORDS: glaucoma, metabolic syndrome, lipid metabolism disorders, statins.

Глаукома — это прогрессирующая оптическая нейропатия, которая при отсутствии адекватного лечения может привести к необратимой слепоте. Наиболее эффективные методы лечения глаукомы направлены на снижение основного модифицированного и доказанного фактора риска, связанного с прогрессированием заболевания — внутриглазного давления (ВГД). Современные методы лечения включают местные гипотензивные препараты, лазерную и хирургическую терапию. В клинической практике даже при адекватном снижении уровня ВГД наблюдается прогрессирование заболевания, приводящее к гибели ганглиозных клеток сетчатки и слоя нервных волокон. Этот факт вызывает интерес к поиску альтернативных методов лечения глаукомы.

Ключевым звеном адекватного состояния ганглиозных клеток сетчатки является состояние глазного кровотока [1–3]. Ауторегуляция сетчатки — сложный физиологический процесс, с помощью которого обеспечивается постоянный кровоток, который обеспечивают миогенные, метаболические и гормональные факторы [4–7].

Нарушение регуляции сосудов рассматривается как первичный этап, запускающий глаукомное повреждение через нестабильность глазного кровотока, поражая зрительный нерв и сетчатку путем усиления ишемического повреждения и способствуя апоптозу ганглиозных клеток сетчатки. Первичная сосудистая дисрегуляция, эндотелиальная дисфункция, активация астроцитов и нейронная дисфункция вызывают нарушение нейроваскулярной

связи [4]. Это приводит к снижению поступления питательных веществ (включая кислород и глюкозу), необходимых для работы нейронов. Изменения при артериолосклерозе дополнительно повышают уязвимость зрительного нерва к небольшим колебаниям перфузионного давления при глаукоме, нарушая ауторегуляцию [6]. Нарушение регуляции сосудов могут вызвать значительное снижение глазного кровотока, выходящее за пределы нормы, что приводит к ишемии ганглиозных клеток сетчатки [8].

Компоненты метаболического синдрома и первичная открытоугольная глаукома

Имеются убедительные доказательства того, что системные сосудистые нарушения играют важную роль в патофизиологии глаукомы [1, 4]. Для исследования взаимосвязи атеросклероза и глаукомы авторы изучили данные медицинских заключений более 6 млн. человек. Частота глаукомы у пациентов с атеросклерозом была значительно выше, чем у пациентов с артериальной гипертензией (АГ) ($p < 0,001$), а также с другой офтальмопатологией (оценивались такие заболевания, как кератит и склерит) ($p < 0,001$) и у населения без офтальмологических заболеваний ($p < 0,001$) [9].

Этиология атеросклероза представляет собой сложный процесс, который начинается задолго до структурных проявлений и их последствий. Основным фактором развития и прогрессирования атеросклероза является дислипидемия. Обнаруженная связь между гиперлипидемией, повышенным уровнем ВГД и глаукомой вызвала интерес у исследователей [10, 11].

Гиперлипидемия является одним из компонентов метаболического синдрома, включающего ожирение, АГ и сахарный диабет (СД). Изучение компонентов метаболического синдрома показало, что пациенты при сочетании трех его компонентов — триглицеридов, абдоминального ожирения и уровня глюкозы натощак — имели высокий уровень ВГД. А при комбинации четырех компонентов — артериального давления, липопротеинов высокой плотности, триглицеридов и глюкозы натощак имели еще более высокий уровень ВГД ($p < 0,001$) [12].

В литературе имеются противоречивые данные о том, увеличивают или уменьшают риск развития глаукомы наличие этих компонентов. Крупномасштабное исследование более 2 млн. человек показало, что у пациентов только с СД риск развития глаукомы был повышен на 35%, у лиц только с АГ риск развития ПОУГ был повышен на 17%, а у лиц при сочетании СД и АГ риск развития ПОУГ был еще выше — 48% [13]. При этом лица с более выраженной стадией АГ имели более высокий риск развития ПОУГ [13]. Несколько крупных

популяционных исследований продемонстрировали, что АГ и СД независимо связаны с глаукомой [14, 15]. В одной из работ отмечены интересные взаимодействия между компонентами метаболического синдрома. Так, у лиц с одной только гиперлипидемией риск развития ПОУГ был снижен на 5%, а повышенный риск ПОУГ, связанный с СД и АГ, был ослаблен наличием гиперлипидемии [13].

Теории, объясняющие взаимосвязь между ПОУГ и АГ, постоянно обсуждаются в литературе. Ряд авторов предполагает, что повышенное кровяное давление приводит к увеличению перфузии цилиарной артерии, что способствует увеличению выработки воды, а это, в свою очередь, повышает риск развития ПОУГ [16]. Представители другой теории утверждают, что у многих людей с АГ имеются артериолосклеротические повреждения и ригидность мелких конечных сосудов, питающих зрительный нерв, что может предрасполагать их к развитию глаукомной оптической нейропатии [17]. Есть мнение, что повреждение зрительного нерва происходит в результате снижения перфузионного давления, вызванного в периоды эпизодической системной гипотензии, связанной с применением препаратов, снижающих кровяное давление [18]. В то же время есть исследования, которые не зафиксировали связи между СД и глаукомой и между АГ и глаукомой [19, 20].

В последнее время в литературе активно обсуждается связь ожирения с глаукомой [21, 22]. Это вызвано растущим интересом к дисбиозу микробиома, который играет определенную роль в этиологии ожирения [23–25]. Кроме этого, появляются доказательства того, что дисбиоз микробиома играет решающую роль в возникновении и прогрессировании ряда дегенеративных заболеваний центральной нервной системы [26] и сетчатки [27–29]. Тем не менее, связь между ожирением и глаукомой является спорной. В нескольких исследованиях отмечена положительная корреляция ожирения с повышенным уровнем ВГД [30, 31]. В Роттердамском исследовании после проведения многофакторной корректировки не было выявлено значимой связи между индексом массы тела (ИМТ) и глаукомой [32]. В исследовании P.A. Newman-Casey et al. показано, что у пациентов небелой расы с ожирением риск ПОУГ увеличивался на 14% в однофакторном анализе, а у женщин с ожирением риск развития ПОУГ увеличивался на 6% после многофакторной корректировки [13]. И наоборот, Pasquale L.R. et al. отметили, что увеличение ИМТ было связано с 6% снижением риска ОАГ у женщин белой расы [33]. Корейское исследование подтвердило, что избыточный вес является защитным фактором ПОУГ [34]. В представленных публикациях представлена различная раса участников исследований, которая, возможно, повлияла на результаты исследований.

Ожирение можно классифицировать как общее ожирение, которое оценивается по индексу массы тела (ИМТ), и абдоминальное ожирение, которое оценивается по окружности талии, окружности бедер или соотношению талии к бедрам [35]. Исследование, проведенное L.A. Wise et al. показало, что ИМТ, окружность талии и соотношение талии и бедер были в значительной степени связаны с ПОУГ [36]. У взрослых, страдающих ожирением, повышен риск развития открытоугольной глаукомы [22, 37]. Отмечено также гендерное различие: у женщин с ожирением риск развития ПОУГ был выше на 6% по сравнению с женщинами, не страдающими ожирением; среди мужчин, страдающих и не страдающих ожирением, существенной разницы не наблюдалось [13].

Высокий индекс массы тела (ИМТ) как фактор риска развития глаукомы был отмечен в ряде исследований. Обнаружена связь между высоким ИМТ и высоким уровнем ВГД [38, 39]. В проспективном когортном исследовании в Корее люди с ИМТ ≥ 30 кг/м² были более склонны к развитию ПОУГ, чем люди с ИМТ 18,5–22,9 кг/м² [40]. Популяционное исследование в Соединенных Штатах также продемонстрировало, что ожирение (ИМТ ≥ 30 кг/м²) достоверно коррелировало с распространенностью глаукомы [41].

Напротив, основываясь на популяционном исследовании в центральной Индии, более низкий ИМТ был связан с более высокой распространенностью глаукомы [42]. Эти противоречивые выводы могут быть вызваны различными расами, неоднородными группами и методами исследований.

В ряде исследований зафиксирована корреляция высокого ИМТ со снижением перфузии хориоидеи, глазного кровотока, увеличением орбитального жира и повышением уровня ВГД [43, 44].

При оценке различных параметров здоровья, связанных с ожирением (индекс ожирения, ИМТ, индекс формы тела и отношение талии к росту) индекс ожирения положительно коррелировал с уровнем ВГД [45]. Данные проспективного исследования показали, что половина пациентов с ПОУГ и офтальмогипертензией имели избыточный вес или страдали ожирением [37]. Повышение ВГД может происходить в результате повышенного сопротивления оттоку водянистой влаги из глаза, вызванного уменьшением притока [46]. Уменьшение притока крови к зрительному нерву может сделать его структуру более восприимчивыми к повреждению вследствие повышения уровня ВГД [47, 48].

В настоящее время существует несколько гипотез о механизмах того, как ожирение увеличивает риск развития ПОУГ. Одна из гипотез заключается в том, что увеличение орбитального жира и повышенная вязкость крови повышают эписклеральное венозное давление и снижают отток жидкости, что приводит к повышению ВГД [49]. Этой версии

придерживаются ряд авторов [50] и она нашла подтверждение в нескольких клинических исследованиях, где зафиксирована корреляция ожирения и повышенного уровня ВГД [51]. С другой стороны, эндокринные нарушения у пациентов с ожирением могут привести к увеличению андрогенов, что делает уровень окислительного стресса в организме значительно выше, чем у здоровых людей. Это, в свою очередь, увеличивает возможность окислительного повреждения в системе оттока водянистой влаги, такой как трабекулярная сеть, и блокирует канал оттока водянистой влаги, что значительно увеличивает риск развития ПОУГ [10, 52].

Систематический обзор и мета-анализ обсервационных исследований продемонстрировал, что у пациентов с глаукомой были более высокие средние уровни общего холестерина и более низкие уровни липопротеидов высокой плотности (ЛПВП) [53]. Показатели общего холестерина в крови и уровень липопротеинов низкой плотности (ЛПНП) имели значительную связь с уровнем ВГД: у пациентов с гиперлипидемией отмечен более высокий уровень ВГД ($p=0,001$) по сравнению с пациентами, у которых показатели липидов были в пределах возрастной нормы [54]. Положительная корреляция высокого уровня холестерина и риска развития глаукомы подтверждена и в исследованиях J.H. Kang et al., в котором приняло участие более 100 тыс. пациентов. Повышение общего уровня холестерина в сыворотке крови на каждые 20 мг/дл было связано с 7% повышением риска развития ПОУГ [55].

В метаанализе 17 исследований случай-контроль обнаружено, что у пациентов с глаукомой средний уровень триглицеридов был значительно выше, чем у пациентов без глаукомы [56]. В другом метаанализе, который включал 28 исследований, зафиксирована значительная связь гипертриглицеридемии с глаукомой [54]. Авторами показано, что пациенты с диагнозом глаукома имеют повышенный риск сердечно-сосудистой смертности, что в первую очередь объясняется общими факторами риска, такими как гипертриглицеридемия [57–60]. Механизм этого феномена может заключаться в том, что гипертриглицеридемия вызывает сосудистую дисфункцию, которая приводит к аномальному глазному кровотоку и нестабильности перфузии, приводящей к нарушению сосудистого снабжения головки зрительного нерва и/или повышению вязкости крови, что вызывает повышение эписклерального венозного давления, и приводит к увеличению уровня ВГД [61–63].

В то же время в исследовании P.A. Newman-Casey с соавт. обнаружено, что у лиц с гиперлипидемией риск развития ПОУГ был снижен по сравнению с лицами без признаков метаболического синдрома [13]. Но закономерно возникают вопросы: снижает ли риск развития глаукомы само заболевание или лекарства, которые используются для лечения гиперлипидемии, или и то, и другое.

Статины и глаукома

В клинической практике для снижения уровня холестерина, липопротеидов низкой плотности в плазме крови и для предотвращения заболеваемости и смертности, связанных с сердечно-сосудистыми заболеваниями, используются статины [64]. Они действуют путем конкурентного ингибирования 3-гидрокси-3-метилглутарилкоэнзима А (ГМГ-КоА-редуктазы), фермента, ограничивающего скорость биосинтеза холестерина. Кроме гиполипидемического действия, статины оказывают и другие эффекты на органы и ткани: антиоксидантный, антипролиферативный и противовоспалительный эффекты [65].

В дополнение к гиполипидемическому эффекту, статины могут улучшать кровоснабжение. Так, при ежедневном приеме симвастатина в течение 7 дней наблюдалось увеличение скорости кровотока в артериях и венах сетчатки, снижение уровня ВГД через 90 минут и через 7 дней после введения препарата [66]. В связи с этим высказано предположение, что пероральные статины могут рассматриваться в качестве дополнительных препаратов к традиционным методам лечения, снижающим ВГД, для улучшения прогноза для пациента.

У лиц с гиперлипидемией, которые принимали статины непрерывно в течение 2 лет, риск развития ПОУГ снизился на 8% по сравнению с теми, кто не принимал статины. Риск перехода лиц с подозрением на глаукому в глаукомный процесс снижался на 0,4% за каждый дополнительный месяц принятия статинов и на 9% за весь двухлетний период наблюдения непрерывного приема препаратов ($p < 0,005$) [67, 68].

Клиническое исследование В. Whigham et al. показало, что у пациентов, получавших терапию статинами, наблюдалось снижение прогрессирования поля зрения по сравнению с пациентами с глаукомой без системного применения статинов [69].

Среди возможных механизмов снижения риска развития ПОУГ у людей, принимающих статины, авторы рассматривают их влияние на активность аденозинтрифосфатазы миозина II и р-киназы в трабекулярной сети, которые увеличивают выработку оксида азота и отток жидкости, что может привести к снижению ВГД [70–72]. Кроме того, повышенная выработка оксида азота увеличивает приток крови к зрительному нерву и приводит к улучшению кровообращения [66].

В экспериментальных исследованиях показано, что статины оказывают нейропротекторное действие в условиях ишемии и могут защищать ганглиозные клетки сетчатки [73]. Механизм нейропротекторного эффекта статинов заключается в снижении глутамат-опосредованной цитотоксичности [74] и защите от апоптоза в центральной нервной

системе [75]. Кроме этого, статины могут оказывать нейропротекторное действие путем ингибирования взаимодействия лейкоцитов с эндотелием посредством высвобождения оксида азота из эндотелия [73].

Авторы отметили, что именно статины связаны со снижением риска развития ПОУГ, в то время как другие средства, снижающие уровень холестерина, этого не продемонстрировали, что связано с уникальными свойствами статинов, помимо снижения уровня холестерина, которые могут быть ответственны за такое снижение риска [76, 77].

Что касается конкретных типов статинов, то мнения исследователей неоднозначны. Ряд исследователей наблюдали снижение риска возникновения ПОУГ у пациентов, принимающих ловастатин, что объясняется его высокой липофильностью [78], облегчающей проникновение через гематоэнцефалический барьер. Следует также отметить, что ловастатин чаще применяется у пациентов с легкой или умеренной гиперлипидемией [79], у которых риск возникновения ПОУГ ниже, чем у пациентов с тяжелой гиперлипидемией.

Применение симвастатина было связано со стабилизацией периферического зрения у пациентов с глаукомой нормального давления [80]. В другом исследовании обнаружено, что при подозрении на глаукому препараты статинов, независимо от типа, связаны с замедленным прогрессированием поражения зрительного нерва, измеренным с использованием конфокальной сканирующей лазерной офтальмоскопии [81].

В экспериментальных исследованиях продемонстрированы улучшения кровообращения после терапии статинами, защитный эффект статинов в отношении ганглиозных клеток сетчатки [73, 83, 84]. Кроме этого, в одной из работ зафиксировано снижение уровня ВГД при глазной гипертензии *in vivo* и *in vitro* при использовании аторвастатина, что подтверждено морфологическими изменениями изолированных клеток трабекулярной сети человека [85].

Полученные авторами результаты представляют полезную информацию для ведения пациентов с глаукомой. Использование статинов позволяет рассматривать эту группу препаратов как возможный новый консервативный путь для лечения пациентов с глаукомой.

Заключение

Высокое ВГД считается наиболее распространенным и доказанным фактором риска развития глаукомы. В клинической практике не всегда удается добиться стабилизации глаукомного процесса. Это заставляет задуматься и о других факторах риска, на которые мы можем повлиять.

Многочисленные эпидемиологические исследования показали связь глаукомы или повышенного ВГД с несколькими компонентами метаболического синдрома, такими как повышенное АД, повышенный уровень глюкозы в плазме натощак, сопутствующее атеросклеротическое заболевание и ожирение. Эти результаты позволяют предположить, что имеется общий механизм, связывающий повышенный уровень ВГД и глаукому с различными компонентами метаболического синдрома. В литературе появляется все больше доказательств того, что статины снижают риск развития ПОУГ и/или уменьшают прогрессирование заболевания.

Статины — это группа препаратов, первоначально используемая для коррекции гиперхолестеринемии. Обнаруженная связь глаукомы с высоким уровнем общего холестерина и низким уровнем

липопротеинов высокой плотности, усиливает важность уровня липидов в крови при лечении глаукомы. Подтверждением являются экспериментальные и клинические исследования, которые продемонстрировали сохранение функциональных и структурных изменений зрительного нерва и сетчатки при использовании статинов.

Но поскольку есть данные, опровергающие связь глаукомы и метаболического синдрома и коррекцию статинами, некоторые расхождения в результатах, вероятно, из-за различий в группах и методах исследований, необходимы более глубокие исследования. Учитывая взаимосвязь глаукомы с компонентами метаболического синдрома, пероральные статины могут рассматриваться в качестве кандидатов на удобное дополнение к традиционным методам лечения, снижающим уровень ВГД.

Литература

1. Cantoe E., Méndez F., Rivera C., et al. Blood pressure, ocular perfusion pressure and open-angle glaucoma in patients with systemic hypertension. *Clin Ophthalmol* 2018; 12:1511-1517. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S165747>
2. Gore V., Shah P., Kanhere M., Gore S. Relationship between optical perfusion pressure and systemic blood pressure on glaucoma: Case-control study. *Oman J Ophthalmol* 2019; 12:150-155. https://doi.org/10.4103/ojo.OJO_112_2018
3. Еричев В.П., Хачатрян Г.К., Хомчик О.В. Современные направления в изучении патогенеза первичной глаукомы. *Вестник офтальмологии* 2021; 137(5):268-274. <https://doi.org/10.17116/oftalma2021137052268>
4. Cherecheanu AP, Garhofer G, Schmidl D, Werkmeister R, Schmetterer L. Ocular perfusion pressure and ocular blood flow in glaucoma. *Curr Opin Pharmacol* 2013; 13:36-42. <https://doi.org/10.1016/j.coph.2012.09.003>
5. Stodmeister R. The pulsation and the pressure of the central retinal vein and their relation to glaucoma damage and therapy. *Klin Monbl Augenheilkd* 2008; 225:632-636. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1027233>
6. Schmidl D., Garhofer G., Schmetterer L. The complex interaction between ocular perfusion pressure and ocular blood flow-relevance for glaucoma. *Exp Eye Res* 2011; 93:141-155. <https://doi.org/10.1016/j.exer.2010.09.002>
7. Фомин Н.Е., Куроедов А.В. Маркеры сосудистой ауторегуляции при первичной открытоугольной глаукоме. *Клиническая офтальмология* 2019; 19(4):218-223. <https://doi.org/10.32364/2311-7729-2019-19-4-218-223>
8. He Z., Vingrys A.J., Armitage J.A., Bui B.V. The role of blood pressure in glaucoma. *Clin Exp Optom* 2011; 94:133-149. <https://doi.org/10.1111/j.1444-0938.2010.00564.x>
9. Song X., Li P., Li Y. et al. (2021). Strong association of glaucoma with atherosclerosis. *Scientific Reports* 2021; 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88322-4>
10. Oh S.W., Lee S., Park C., Kim D.J. (2005). Elevated Intraocular Pressure Is Associated with Insulin Resistance and Metabolic Syndrome. *Diabetes Metab Res Rev* 2005; 21(5): 434-440. <https://doi.org/10.1002/dmrr.529>
11. Jaén Díaz J.I., Sanz Alcolea I., López de Castro F. et al. Glaucoma e hipertensión ocular en atención primaria. *Atención Primaria* 2001; 28(1): 23-30. [https://doi.org/10.1016/s0212-6567\(01\)78891-9](https://doi.org/10.1016/s0212-6567(01)78891-9)
12. Son J., Koh H., Son J. The association between intraocular pressure and different combination of metabolic syndrome components. *BMC Ophthalmol* 2016; 6:16-76. <https://doi.org/10.1186/s12886-016-0263-8>
13. Newman-Casey P.A., Talwar N., Nan B. et al. The relationship between components of metabolic syndrome and open-angle glaucoma. *Ophthalmology* 2011; 118:1318-1326. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2010.11.022>

References

1. Cantoe E., Méndez F., Rivera C., et al. Blood pressure, ocular perfusion pressure and open-angle glaucoma in patients with systemic hypertension. *Clin Ophthalmol* 2018; 12:1511-1517. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S165747>
2. Gore V., Shah P., Kanhere M., Gore S. Relationship between optical perfusion pressure and systemic blood pressure on glaucoma: Case-control study. *Oman J Ophthalmol* 2019; 12:150-155. https://doi.org/10.4103/ojo.OJO_112_2018
3. Eriчев V.P., Khachatryan G.K., Khomchik O.V. Modern trends in the study of the pathogenesis of primary glaucoma. *Vestn oftalmol* 2021; 137(5):268-274. <https://doi.org/10.17116/oftalma2021137052268>
4. Cherecheanu AP, Garhofer G, Schmidl D, Werkmeister R, Schmetterer L. Ocular perfusion pressure and ocular blood flow in glaucoma. *Curr Opin Pharmacol* 2013; 13:36-42. <https://doi.org/10.1016/j.coph.2012.09.003>
5. Stodmeister R. The pulsation and the pressure of the central retinal vein and their relation to glaucoma damage and therapy. *Klin Monbl Augenheilkd* 2008; 225:632-636. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1027233>
6. Schmidl D., Garhofer G., Schmetterer L. The complex interaction between ocular perfusion pressure and ocular blood flow-relevance for glaucoma. *Exp Eye Res* 2011; 93:141-155. <https://doi.org/10.1016/j.exer.2010.09.002>
7. Fomin N.E., Kuroyedov A.V. Markers of vascular autoregulation in primary open-angle glaucoma. *Clinical Ophthalmology* 2019; 19(4):218-223. <https://doi.org/10.32364/2311-7729-2019-19-4-218-223>
8. He Z., Vingrys A.J., Armitage J.A., Bui B.V. The role of blood pressure in glaucoma. *Clin Exp Optom* 2011; 94:133-149. <https://doi.org/10.1111/j.1444-0938.2010.00564.x>
9. Song X., Li P., Li Y. et al. (2021). Strong association of glaucoma with atherosclerosis. *Scientific Reports* 2021; 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88322-4>
10. Oh S.W., Lee S., Park C., Kim D.J. (2005). Elevated Intraocular Pressure Is Associated with Insulin Resistance and Metabolic Syndrome. *Diabetes Metab Res Rev* 2005; 21(5): 434-440. <https://doi.org/10.1002/dmrr.529>
11. Jaén Díaz J.I., Sanz Alcolea I., López de Castro F. et al. Glaucoma e hipertensión ocular en atención primaria. *Atención Primaria* 2001; 28(1): 23-30. [https://doi.org/10.1016/s0212-6567\(01\)78891-9](https://doi.org/10.1016/s0212-6567(01)78891-9)
12. Son J., Koh H., Son J. The association between intraocular pressure and different combination of metabolic syndrome components. *BMC Ophthalmol* 2016; 6:16-76. <https://doi.org/10.1186/s12886-016-0263-8>
13. Newman-Casey P.A., Talwar N., Nan B. et al. The relationship between components of metabolic syndrome and open-angle glaucoma. *Ophthalmology* 2011; 118:1318-1326. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2010.11.022>

14. Bonomi L., Marchini G., Marraffa M. et al. Vascular risk factors for primary open angle glaucoma: the Egna-Neumarkt Study. *Ophthalmology* 2000; 107:1287-1293. [https://doi.org/10.1016/s0161-6420\(00\)00138-x](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(00)00138-x)
15. Pasquale L.R., Kang J.H., Manson J.E. et al. Prospective study of type 2 diabetes mellitus and risk of primary open angle glaucoma in women. *Ophthalmology* 2006; 113:1081-1086. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2006.01.066>
16. Бунин А.Я., Муха А.Н., Коломейцева Е.М. Перфузионное давление в сосудах глаз у больных открытоугольной глаукомой. *Вестник офтальмологии* 1995; 1(3):28-38.
17. Wolf S., Arend O., Sponsel W.E. et al. Retinal hemodynamics using scanning laser ophthalmoscopy and hemorheology in chronic open-angle glaucoma. *Ophthalmology* 1993; 100:1561-1566. [https://doi.org/10.1016/s0161-6420\(93\)31444-2](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(93)31444-2)
18. Dascalu A.M., Stana D., Vanesa Andrada Nicolae V.A. et al. Association between vascular comorbidity and glaucoma progression: A four-year observational study. *Exp Ther Med* 2021; 21(3):283. <https://doi.org/10.3892/etm.2021.9714>
19. de Voogd S., Ikram M.K., Wolfs R.C. et al. Is diabetes mellitus a risk factor for open-angle glaucoma? The Rotterdam Study. *Ophthalmology* 2006; 113:1827-1831. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2006.03.063>
20. Quigley H.A., West S.K., Rodriguez J. et al. The prevalence of glaucoma in a population-based study of Hispanic subjects: Proyecto VER. *Arch Ophthalmol* 2001; 119:1819-1826. <https://doi.org/10.1001/archophth.119.12.1819>
21. Lin Y., Zhu X., Luo W. et al. The Causal Association Between Obesity and Primary Open-Angle Glaucoma: A Two-Sample Mendelian Randomization Study. *Front Genet* 2022; 13:835524. <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.835524>
22. Chen W.-D., Lai L.-J., Lee K.-L. et al. Is Obesity a Risk or Protective Factor for Open-Angle Glaucoma in Adults? A Two-Database, Asian, Matched-Cohort Study. *J. Clin. Med* 2021; 10:4021. <https://doi.org/10.3390/jcm10174021>
23. Muscogiuri G., Cantone E., Cassarano S. et al. Gut Microbiota: A New Path to Treat Obesity. *Int. J. Obes. Supp* 2019; 9:10-19. <https://doi.org/10.1038/s41367-019-0011-7>
24. Guo L., Yang K., Zhou P., Yong W. Gut Microbiota in Obesity and Non-alcoholic Fatty Liver Disease. *Surg. Pract. Sci* 2021; 5:100030. <https://doi.org/10.1016/j.sipas.2021.100030>
25. Pezzino S., Sofia M., Greco L.P. et al. Microbiome Dysbiosis: A Pathological Mechanism at the Intersection of Obesity and Glaucoma. *Int J Mol Sci* 2023; 24(2):1166. <https://doi.org/10.3390/ijms24021166>
26. Pellegrini C., Antonioli L., Calderone V., et al. Microbiota-Gut-Brain Axis in Health and Disease: Is NLRP3 Inflammasome at the Crossroads of Microbiota-Gut-Brain Communications? *Prog Neurobiol* 2020; 191:101806. <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2020.101806>
27. Rowan S., Taylor A. The Role of Microbiota in Retinal Disease. *Adv Exp Med Biol* 2018; 1074:429-435. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75402-4_53
28. Horai R., Caspi R.R. Microbiome and Autoimmune Uveitis. *Front Immunol* 2019; 10:232. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2019.00232>
29. Scuderi G., Troiani E., Minnella A.M. Gut Microbiome in Retina Health: The Crucial Role of the Gut-Retina Axis. *Front Microbiol* 2022; 12:726792. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.726792>
30. Cohen E., Kramer M., Shochat T., et al. Relationship Between Body Mass Index and Intraocular Pressure in Men and Women: A Population-based Study. *J Glaucoma* 2016; 25:e509-e513. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000000374>
31. Tham Y.C., Cheng C.Y. Associations between chronic systemic diseases and primary open angle glaucoma: An epidemiological perspective. *Clin Exp Ophthalmol* 2017; 45:24-32. <https://doi.org/10.1111/ceo.12763>
32. Springelkamp H., Wolfs R.C., Ramdas W.D. et al. Incidence of glaucomatous visual field loss after two decades of follow-up: The Rotterdam Study. *Eur J Epidemiol* 2017; 32:691-699. <https://doi.org/10.1007/s10654-017-0270-y>
33. Pasquale L.R., Willett W.C., Rosner B.A., Kang J.H. Anthropometric measures and their relation to incident primary open-angle glaucoma. *Ophthalmology* 2010; 117:1521-1529. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2009.12.017>
14. Bonomi L., Marchini G., Marraffa M. et al. Vascular risk factors for primary open angle glaucoma: the Egna-Neumarkt Study. *Ophthalmology* 2000; 107:1287-1293. [https://doi.org/10.1016/s0161-6420\(00\)00138-x](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(00)00138-x)
15. Pasquale L.R., Kang J.H., Manson J.E. et al. Prospective study of type 2 diabetes mellitus and risk of primary open angle glaucoma in women. *Ophthalmology* 2006; 113:1081-1086. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2006.01.066>
16. Bunin A.Ya., Mukha A.N., Kolomeytseva E.M. Perfusion pressure in the vessels of the eyes in patients with open-angle glaucoma. *Vestn oftalmol* 1995; 1(3):28-38.
17. Wolf S., Arend O., Sponsel W.E. et al. Retinal hemodynamics using scanning laser ophthalmoscopy and hemorheology in chronic open-angle glaucoma. *Ophthalmology* 1993; 100:1561-1566. [https://doi.org/10.1016/s0161-6420\(93\)31444-2](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(93)31444-2)
18. Dascalu A.M., Stana D., Vanesa Andrada Nicolae V.A. et al. Association between vascular comorbidity and glaucoma progression: A four-year observational study. *Exp Ther Med* 2021; 21(3):283. <https://doi.org/10.3892/etm.2021.9714>
19. de Voogd S., Ikram M.K., Wolfs R.C. et al. Is diabetes mellitus a risk factor for open-angle glaucoma? The Rotterdam Study. *Ophthalmology* 2006; 113:1827-1831. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2006.03.063>
20. Quigley H.A., West S.K., Rodriguez J. et al. The prevalence of glaucoma in a population-based study of Hispanic subjects: Proyecto VER. *Arch Ophthalmol* 2001; 119:1819-1826. <https://doi.org/10.1001/archophth.119.12.1819>
21. Lin Y., Zhu X., Luo W. et al. The Causal Association Between Obesity and Primary Open-Angle Glaucoma: A Two-Sample Mendelian Randomization Study. *Front Genet* 2022; 13:835524. <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.835524>
22. Chen W.-D., Lai L.-J., Lee K.-L. et al. Is Obesity a Risk or Protective Factor for Open-Angle Glaucoma in Adults? A Two-Database, Asian, Matched-Cohort Study. *J. Clin. Med* 2021; 10:4021. <https://doi.org/10.3390/jcm10174021>
23. Muscogiuri G., Cantone E., Cassarano S. et al. Gut Microbiota: A New Path to Treat Obesity. *Int. J. Obes. Supp* 2019; 9:10-19. <https://doi.org/10.1038/s41367-019-0011-7>
24. Guo L., Yang K., Zhou P., Yong W. Gut Microbiota in Obesity and Non-alcoholic Fatty Liver Disease. *Surg. Pract. Sci* 2021; 5:100030. <https://doi.org/10.1016/j.sipas.2021.100030>
25. Pezzino S., Sofia M., Greco L.P. et al. Microbiome Dysbiosis: A Pathological Mechanism at the Intersection of Obesity and Glaucoma. *Int J Mol Sci* 2023; 24(2):1166. <https://doi.org/10.3390/ijms24021166>
26. Pellegrini C., Antonioli L., Calderone V., et al. Microbiota-Gut-Brain Axis in Health and Disease: Is NLRP3 Inflammasome at the Crossroads of Microbiota-Gut-Brain Communications? *Prog Neurobiol* 2020; 191:101806. <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2020.101806>
27. Rowan S., Taylor A. The Role of Microbiota in Retinal Disease. *Adv Exp Med Biol* 2018; 1074:429-435. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75402-4_53
28. Horai R., Caspi R.R. Microbiome and Autoimmune Uveitis. *Front Immunol* 2019; 10:232. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2019.00232>
29. Scuderi G., Troiani E., Minnella A.M. Gut Microbiome in Retina Health: The Crucial Role of the Gut-Retina Axis. *Front Microbiol* 2022; 12:726792. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.726792>
30. Cohen E., Kramer M., Shochat T., et al. Relationship Between Body Mass Index and Intraocular Pressure in Men and Women: A Population-based Study. *J Glaucoma* 2016; 25:e509-e513. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000000374>
31. Tham Y.C., Cheng C.Y. Associations between chronic systemic diseases and primary open angle glaucoma: An epidemiological perspective. *Clin Exp Ophthalmol* 2017; 45:24-32. <https://doi.org/10.1111/ceo.12763>
32. Springelkamp H., Wolfs R.C., Ramdas W.D. et al. Incidence of glaucomatous visual field loss after two decades of follow-up: The Rotterdam Study. *Eur J Epidemiol* 2017; 32:691-699. <https://doi.org/10.1007/s10654-017-0270-y>
33. Pasquale L.R., Willett W.C., Rosner B.A., Kang J.H. Anthropometric measures and their relation to incident primary open-angle glaucoma. *Ophthalmology* 2010; 117:1521-1529. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2009.12.017>

34. Kim K.E., Kim M.J., Park K.H. et al. Epidemiologic Survey Committee of the Korean Ophthalmological, S. Prevalence, Awareness, and Risk Factors of Primary Open-Angle Glaucoma: Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2008–2011. *Ophthalmology* 2016; 123:532-541. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2015.11.004>
35. World Health Organization (2000). Obesity: Preventing and Managing the Global Epidemic. Report of a WHO Consultation. Technical Report Series, 894, i–xii. Geneva, Switzerland: World Health Organization, 1-253.
36. Wise L.A., Rosenberg L., Radin R.G. et al. (2011). A Prospective Study of Diabetes, Lifestyle Factors, and Glaucoma Among African-American Women. *Ann Epidemiol* 2011; 21(6):430-439. <https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2011.03.006>
37. Garcia-Villanueva C., Milla E., Bolarin J.M. et al. Impact of Systemic Comorbidities on Ocular Hypertension and Open-Angle Glaucoma, in a Population from Spain and Portugal. *J Clin Med* 2022; 11:5649. <https://doi.org/10.3390/jcm11195649>
38. Kim Y.K., Choi H.J., Jeoung J.W. et al. Five-Year Incidence of Primary Open-Angle Glaucoma and Rate of Progression in Health Center-Based Korean Population: The Gangnam Eye Study. *PLoS ONE* 2014; 9:e114058. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114058>
39. Jang H.-D., Kim D.H., Han K. et al. Relationship between Intraocular Pressure and Parameters of Obesity in Korean Adults: The 2008-2010 Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *Curr Eye Res* 2015; 40:1008-1017. <https://doi.org/10.3109/02713683.2014.975367>
40. Jung Y., Han K., Park H.-Y. L. et al. Metabolic Health, Obesity, and the Risk of Developing Open-Angle Glaucoma: Metabolically Healthy Obese Patients versus Metabolically Unhealthy but Normal Weight Patients. *Diabetes Metab J* 2020; 44: 414-425. <https://doi.org/10.4093/dmj.2019.0048>
41. Ko F., Boland M. V., Gupta P. et al. Diabetes, Triglyceride Levels, and Other Risk Factors for Glaucoma in the National Health and Nutrition Examination Survey 2005-2008. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci* 2016; 57 (4):2152-2157. <https://doi.org/10.1167/iovs.15-18373>
42. Nangia V., Jonas J. B., Matin A. et al. Prevalence and Associated Factors of Glaucoma in Rural Central India. The Central India Eye and Medical Study. *PLoS One* 2013; 8(9):e76434. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0076434>
43. Marshall H., Berry E.C., Torres S.D. et al. Association between Body Mass Index and Primary Open Angle Glaucoma in Three Cohorts. *Am J Ophthalmol* 2022; 245:126-133. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2022.08.006>
44. Panon N., Luangsawang K., Rugaber C. et al. Correlation between Body Mass Index and Ocular Parameters. *OPHTH* 2019; 13:763-769. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S196622>
45. Ahn M.W., Lee J.W., Shin J.H., Lee J.S. Relationship between Intraocular Pressure and Parameters of Obesity in Ocular Hypertension. *Int. J. Ophthalmol* 2020; 13:794-800. <https://doi.org/10.18240/ijo.2020.05.15>
46. Johnson M. What Controls Aqueous Humour Outflow Resistance? *Exp Eye Res* 2006; 82:545-557. <https://doi.org/10.1016/j.exer.2005.10.011>
47. Org I S. Blood Flow in Glaucoma. *Br J Ophthalmol* 2007; 91:3-5. <https://doi.org/10.1136/bjo.2006.103010>
48. Moore D., Harris A., WuDunn D. et al. Dysfunctional Regulation of Ocular Blood Flow: A Risk Factor for Glaucoma? *Clin Ophthalmol* 2008; 2:849-861. <https://doi.org/10.2147/oph.s2774>
49. Bulpitt C. J., Hodes C., Everitt M. G. (1975). Intraocular Pressure and Systemic Blood Pressure in the Elderly. *Br J Ophthalmol* 1975; 59(12): 717-720. <https://doi.org/10.1136/bjo.59.12.717>
50. Mori K., Ando F., Nomura H. et al. (2000). Relationship between intraocular pressure and obesity in Japan. *International Journal of Epidemiology* 2000; 29(4):661-666. <https://doi.org/10.1093/ije/29.4.661>
51. Yoshida M., Ishikawa M., Kokaze A. et al. Association of life-style with intraocular pressure in middle-aged and older Japanese residents. *Jpn J Ophthalmol* 2003; 47:191-198. [https://doi.org/10.1016/s0021-5155\(02\)00666-4](https://doi.org/10.1016/s0021-5155(02)00666-4)
52. Zarei R., Anvari P., Eslami Y. et al. Retinal Nerve Fibre Layer Thickness Is Reduced in Metabolic Syndrome. *Diabet Med* 2017; 34(8):1061-1066. <https://doi.org/10.1111/dme.13369>
34. Kim K.E., Kim M.J., Park K.H. et al. Epidemiologic Survey Committee of the Korean Ophthalmological, S. Prevalence, Awareness, and Risk Factors of Primary Open-Angle Glaucoma: Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2008–2011. *Ophthalmology* 2016; 123:532-541. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2015.11.004>
35. World Health Organization (2000). Obesity: Preventing and Managing the Global Epidemic. Report of a WHO Consultation. Technical Report Series, 894, i–xii. Geneva, Switzerland: World Health Organization, 1-253.
36. Wise L.A., Rosenberg L., Radin R.G. et al. (2011). A Prospective Study of Diabetes, Lifestyle Factors, and Glaucoma Among African-American Women. *Ann Epidemiol* 2011; 21(6):430-439. <https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2011.03.006>
37. Garcia-Villanueva C., Milla E., Bolarin J.M. et al. Impact of Systemic Comorbidities on Ocular Hypertension and Open-Angle Glaucoma, in a Population from Spain and Portugal. *J Clin Med* 2022; 11:5649. <https://doi.org/10.3390/jcm11195649>
38. Kim Y.K., Choi H.J., Jeoung J.W. et al. Five-Year Incidence of Primary Open-Angle Glaucoma and Rate of Progression in Health Center-Based Korean Population: The Gangnam Eye Study. *PLoS ONE* 2014; 9:e114058. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114058>
39. Jang H.-D., Kim D.H., Han K. et al. Relationship between Intraocular Pressure and Parameters of Obesity in Korean Adults: The 2008-2010 Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *Curr Eye Res* 2015; 40:1008-1017. <https://doi.org/10.3109/02713683.2014.975367>
40. Jung Y., Han K., Park H.-Y. L. et al. Metabolic Health, Obesity, and the Risk of Developing Open-Angle Glaucoma: Metabolically Healthy Obese Patients versus Metabolically Unhealthy but Normal Weight Patients. *Diabetes Metab J* 2020; 44: 414-425. <https://doi.org/10.4093/dmj.2019.0048>
41. Ko F., Boland M. V., Gupta P. et al. Diabetes, Triglyceride Levels, and Other Risk Factors for Glaucoma in the National Health and Nutrition Examination Survey 2005-2008. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci* 2016; 57 (4):2152-2157. <https://doi.org/10.1167/iovs.15-18373>
42. Nangia V., Jonas J. B., Matin A. et al. Prevalence and Associated Factors of Glaucoma in Rural Central India. The Central India Eye and Medical Study. *PLoS One* 2013; 8(9):e76434. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0076434>
43. Marshall H., Berry E.C., Torres S.D. et al. Association between Body Mass Index and Primary Open Angle Glaucoma in Three Cohorts. *Am J Ophthalmol* 2022; 245:126-133. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2022.08.006>
44. Panon N., Luangsawang K., Rugaber C. et al. Correlation between Body Mass Index and Ocular Parameters. *OPHTH* 2019; 13:763-769. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S196622>
45. Ahn M.W., Lee J.W., Shin J.H., Lee J.S. Relationship between Intraocular Pressure and Parameters of Obesity in Ocular Hypertension. *Int. J. Ophthalmol* 2020; 13:794-800. <https://doi.org/10.18240/ijo.2020.05.15>
46. Johnson M. What Controls Aqueous Humour Outflow Resistance? *Exp Eye Res* 2006; 82:545-557. <https://doi.org/10.1016/j.exer.2005.10.011>
47. Org I S. Blood Flow in Glaucoma. *Br J Ophthalmol* 2007; 91:3-5. <https://doi.org/10.1136/bjo.2006.103010>
48. Moore D., Harris A., WuDunn D. et al. Dysfunctional Regulation of Ocular Blood Flow: A Risk Factor for Glaucoma? *Clin Ophthalmol* 2008; 2:849-861. <https://doi.org/10.2147/oph.s2774>
49. Bulpitt C. J., Hodes C., Everitt M. G. (1975). Intraocular Pressure and Systemic Blood Pressure in the Elderly. *Br J Ophthalmol* 1975; 59(12): 717-720. <https://doi.org/10.1136/bjo.59.12.717>
50. Mori K., Ando F., Nomura H. et al. (2000). Relationship between intraocular pressure and obesity in Japan. *International Journal of Epidemiology* 2000; 29(4):661-666. <https://doi.org/10.1093/ije/29.4.661>
51. Yoshida M., Ishikawa M., Kokaze A. et al. Association of life-style with intraocular pressure in middle-aged and older Japanese residents. *Jpn J Ophthalmol* 2003; 47:191-198. [https://doi.org/10.1016/s0021-5155\(02\)00666-4](https://doi.org/10.1016/s0021-5155(02)00666-4)
52. Zarei R., Anvari P., Eslami Y. et al. Retinal Nerve Fibre Layer Thickness Is Reduced in Metabolic Syndrome. *Diabet Med* 2017; 34(8):1061-1066. <https://doi.org/10.1111/dme.13369>

53. Posch-Pertl L., Michelitsch M., Wagner, G. et al. Cholesterol and glaucoma: a systematic review and meta-analysis. *Acta Ophthalmologica* 2021; 100(2):148-158.
<https://doi.org/10.1111/aos.14769>
54. Wang S., Bao X. Hyperlipidemia, Blood Lipid Level and the Risk of Glaucoma: A Meta-Analysis. *Investigative Ophthalmology and Visual Science* 2019; 60(4):1028-1043.
<https://doi.org/10.1167/iovs.18-25845>
55. Kang J.H., Boumenna T., Stein J.D. et al. Association of Statin Use and High Serum Cholesterol Levels With Risk of Primary Open-Angle Glaucoma. *JAMA Ophthalmol* 2019; 137(7):756-765.
<https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2019.0900>
56. Pertl L., Mossböck G., Wedrich A. et al. Triglycerides and open angle glaucoma A metaanalysis with metaregression. *Sci Rep* 2017; 7:78297837.
<https://doi.org/10.1038/s41598-017-08295-1>
57. Yanagi M., Kawasaki R., Wang J.J. et al. Vascular risk factors in glaucoma: a review. *Clin Experiment Ophthalmol* 2011; 39:252-258.
<https://doi.org/10.1111/j.1442-9071.2010.02455.x>
58. Orzalesi N., Rossetti L., Omboni S. OPTIME Study Group; CONPROSO. Vascular risk factors in glaucoma: the results of a national survey. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2007; 245:795-802.
<https://doi.org/10.1007/s00417-006-0457-5>
59. Tsai J.C. Influencing ocular blood flow in glaucoma patients: the cardiovascular system and healthy lifestyle choices. *Can J Ophthalmol* 2008; 43:347-350.
<https://doi.org/10.3129/i08-035>
60. Leske M.C., Heiji A., Hyman L. et al. Predictors of long-term progression in the early manifest glaucoma trial. *Ophthalmology* 2007; 114:1965-1972.
<https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2007.03.016>
61. Glowinska B., Urban M., Hryniewicz A. et al. Endothelin-1 plasma concentration in children and adolescents with atherogenic risk factors. *Kardiol Pol* 2004; 61:329-338.
62. Broadway D.C., Drance S.M. Glaucoma and vasospasm. *Br J Ophthalmol* 1998; 82:862-870.
<https://doi.org/10.1136/bjo.82.8.862>
63. Rasoulinejad S.A., Kasiri A., Montazeri M. et al. The association between primary open angle glaucoma and clustered components of metabolic syndrome. *Open Ophthalmol J* 2015; 9:149155.
<https://doi.org/10.2174/1874364101509010149>
64. Chou R., Dana T., Blazina I. et al. Statins for prevention of cardiovascular disease in adults: evidence report and systematic review for the US preventive services task force. *JAMA* 2016; 316(19):2008-2024.
<https://doi.org/10.1001/jama.2015.15629>
65. Takemoto M., Liao J.K. Pleiotropic effects of 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme a reductase inhibitors. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2001; 21(11):1712-1719.
<https://doi.org/10.1161/hq1101.098486>
66. Nagaoka T. Effect of Systemic Administration of Simvastatin on Retinal Circulation. *Archives of Ophthalmology* 2006; 124(5):665.
<https://doi.org/10.1001/archophth.124.5.665>
67. Stein J.D., Newman-Casey P.A., Talwar N. et al. The Relationship Between Statin Use and Open-Angle Glaucoma. *Ophthalmology* 2012; 119(10):2074-2081.
<https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2012.04.029>
68. Talwar N., Musch D.C., Stein, J.D. Association of Daily Dosage and Type of Statin Agent With Risk of Open-Angle Glaucoma. *JAMA Ophthalmology* 2017; 135(3):263.
<https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2016.5406>
69. Whigham B., Oddone E.Z.; Woolson S. et al. The influence of oral statin medications on progression of glaucomatous visual field loss: A propensity score analysis. *Ophthalmic Epidemiol* 2017; 25:207-214.
<https://doi.org/10.1080/09286586.2017.1399427>
70. Rikitake Y., Liao J.K. Rho GTPases, statins, and nitric oxide. *Circ Res* 2005; 97(12):1232-1235.
<https://doi.org/10.1161/01.RES.0000196564.18314.23>
71. Zhang M., Rao P.V. Blebbistatin, a novel inhibitor of myosin II ATPase activity, increases aqueous humor outflow facility in perfused enucleated porcine eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005; 46(11):4130-4138.
<https://doi.org/10.1167/iovs.05-0164>
72. Cong L., Fu S., Zhang J. et al. Effects of atorvastatin on porcine aqueous humour outflow and trabecular meshwork cells. *Exp Ther Med* 2018; 15(1):210-216.
<https://doi.org/10.3892/etm.2017.5353>
53. Posch-Pertl L., Michelitsch M., Wagner, G. et al. Cholesterol and glaucoma: a systematic review and meta-analysis. *Acta Ophthalmologica* 2021; 100(2):148-158.
<https://doi.org/10.1111/aos.14769>
54. Wang S., Bao X. Hyperlipidemia, Blood Lipid Level and the Risk of Glaucoma: A Meta-Analysis. *Investigative Ophthalmology and Visual Science* 2019; 60(4):1028-1043.
<https://doi.org/10.1167/iovs.18-25845>
55. Kang J.H., Boumenna T., Stein J.D. et al. Association of Statin Use and High Serum Cholesterol Levels With Risk of Primary Open-Angle Glaucoma. *JAMA Ophthalmol* 2019; 137(7):756-765.
<https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2019.0900>
56. Pertl L., Mossböck G., Wedrich A. et al. Triglycerides and open angle glaucoma A metaanalysis with metaregression. *Sci Rep* 2017; 7:78297837.
<https://doi.org/10.1038/s41598-017-08295-1>
57. Yanagi M., Kawasaki R., Wang J.J. et al. Vascular risk factors in glaucoma: a review. *Clin Experiment Ophthalmol* 2011; 39:252-258.
<https://doi.org/10.1111/j.1442-9071.2010.02455.x>
58. Orzalesi N., Rossetti L., Omboni S. OPTIME Study Group; CONPROSO. Vascular risk factors in glaucoma: the results of a national survey. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2007; 245:795-802.
<https://doi.org/10.1007/s00417-006-0457-5>
59. Tsai J.C. Influencing ocular blood flow in glaucoma patients: the cardiovascular system and healthy lifestyle choices. *Can J Ophthalmol* 2008; 43:347-350.
<https://doi.org/10.3129/i08-035>
60. Leske M.C., Heiji A., Hyman L. et al. Predictors of long-term progression in the early manifest glaucoma trial. *Ophthalmology* 2007; 114:1965-1972.
<https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2007.03.016>
61. Glowinska B., Urban M., Hryniewicz A. et al. Endothelin-1 plasma concentration in children and adolescents with atherogenic risk factors. *Kardiol Pol* 2004; 61:329-338.
62. Broadway D.C., Drance S.M. Glaucoma and vasospasm. *Br J Ophthalmol* 1998; 82:862-870.
<https://doi.org/10.1136/bjo.82.8.862>
63. Rasoulinejad S.A., Kasiri A., Montazeri M. et al. The association between primary open angle glaucoma and clustered components of metabolic syndrome. *Open Ophthalmol J* 2015; 9:149155.
<https://doi.org/10.2174/1874364101509010149>
64. Chou R., Dana T., Blazina I. et al. Statins for prevention of cardiovascular disease in adults: evidence report and systematic review for the US preventive services task force. *JAMA* 2016; 316(19):2008-2024.
<https://doi.org/10.1001/jama.2015.15629>
65. Takemoto M., Liao J.K. Pleiotropic effects of 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme a reductase inhibitors. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2001; 21(11):1712-1719.
<https://doi.org/10.1161/hq1101.098486>
66. Nagaoka T. Effect of Systemic Administration of Simvastatin on Retinal Circulation. *Archives of Ophthalmology* 2006; 124(5):665.
<https://doi.org/10.1001/archophth.124.5.665>
67. Stein J.D., Newman-Casey P.A., Talwar N. et al. The Relationship Between Statin Use and Open-Angle Glaucoma. *Ophthalmology* 2012; 119(10):2074-2081.
<https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2012.04.029>
68. Talwar N., Musch D.C., Stein, J.D. Association of Daily Dosage and Type of Statin Agent With Risk of Open-Angle Glaucoma. *JAMA Ophthalmology* 2017; 135(3):263.
<https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2016.5406>
69. Whigham B., Oddone E.Z.; Woolson S. et al. The influence of oral statin medications on progression of glaucomatous visual field loss: A propensity score analysis. *Ophthalmic Epidemiol* 2017; 25:207-214.
<https://doi.org/10.1080/09286586.2017.1399427>
70. Rikitake Y., Liao J.K. Rho GTPases, statins, and nitric oxide. *Circ Res* 2005; 97(12):1232-1235.
<https://doi.org/10.1161/01.RES.0000196564.18314.23>
71. Zhang M., Rao P.V. Blebbistatin, a novel inhibitor of myosin II ATPase activity, increases aqueous humor outflow facility in perfused enucleated porcine eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005; 46(11):4130-4138.
<https://doi.org/10.1167/iovs.05-0164>
72. Cong L., Fu S., Zhang J. et al. Effects of atorvastatin on porcine aqueous humour outflow and trabecular meshwork cells. *Exp Ther Med* 2018; 15(1):210-216.
<https://doi.org/10.3892/etm.2017.5353>

73. Honjo M., Tanihara H., Nishijima K. et al. Statin inhibits leukocyte-endothelial interaction and prevents neuronal death induced by ischemia-reperfusion injury in the rat retina. *Arch Ophthalmol* 2002; 120:1707-1713.
<https://doi.org/10.1001/archophth.120.12.1707>
74. Bosel J., Gandor F., Harms C. et al. Neuroprotective effects of atorvastatin against glutamate-induced excitotoxicity in primary cortical neurons. *J Neurochem* 2005; 92:1386-1398.
<https://doi.org/10.1111/j.1471-4159.2004.02980.x>
75. Schmeer C., Kretz A., Isenmann S. Statin-mediated protective effects in the central nervous system: general mechanisms and putative role of stress proteins. *Restor Neurol Neurosci* 2006; 24:79-95.
76. McGwin G Jr., McNeal S., Owsley C. et al. Statins and other cholesterol-lowering medications and the presence of glaucoma. *Arch Ophthalmol* 2004; 122:822-826.
<https://doi.org/10.1001/archophth.122.6.822>
77. Yuan Y., Xiong R., Wu Y. et al. Associations of statin use with the onset and progression of open-angle glaucoma: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Medicine* 2022; 46:101364.
<https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2022.101364>
78. Lin C.H., Lin H.I., Chen M.L. et al. Lovastatin protects neurite degeneration in LRRK2-G2019S parkinsonism through activating the Akt/Nrf pathway and inhibiting GSK3beta activity. *Hum Mol Genet* 2016; 25(10):1965-1978.
<https://doi.org/10.1093/hmg/ddw068>
79. Bibbins-Domingo K., Grossman D.C., Curry S. et al. Statin use for the primary prevention of cardiovascular disease in adults: US preventive services task force recommendation statement. *JAMA* 2016; 316(19):1997-2007.
<https://doi.org/10.1001/jama.2016.15450>
80. Leung D.Y.L., Li F.C.H., Kwong, Y.Y.Y. et al. Simvastatin and Disease Stabilization in Normal Tension Glaucoma: A Cohort Study. *Ophthalmology* 2010; 117(3):471-476.
<https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2009.08.016>
81. De Castro D.K., Punjabi O.S., Bostrom A.G. et al. Effect of statin drugs and aspirin on progression in open-angle glaucoma suspects using confocal scanning laser ophthalmoscopy. *Clin Exp Ophthalmol* 2007; 35:506-513.
<https://doi.org/10.1111/j.1442-9071.2007.01529.x>
82. Zheng W., Dryja T.P., Wei Z. et al. Systemic medication associations with presumed advanced or uncontrolled primary open-angle glaucoma. *Ophthalmology* 2018; 125(7):984-993.
<https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2018.01.007>
83. Nagaoka T., Hein T.W., Yoshida A., Kuo L. Simvastatin Elicits Dilation of Isolated Porcine Retinal Arterioles: Role of Nitric Oxide and Mevalonate-Rho Kinase Pathways. *Investig Ophthalmol Vis Sci* 2007; 48:825-832.
<https://doi.org/10.1167 / iovs.06-0856>
84. Harris M.B., Blackstone M.A., Sood S.G. et al. Acute activation and phosphorylation of endothelial nitric oxide synthase by HMG-CoA reductase inhibitors. *Am J Physiol Circ Physiol* 2004; 287:H560-H566.
<https://doi.org/10.1152/ajpheart.00214.2004>
85. Song X.-Y., Chen Y.-Y., Liu W.T. et al. Atorvastatin reduces IOP in ocular hypertension in vivo and suppresses ECM in trabecular meshwork perhaps via FGD4. *Int J Mol Med* 2022; 49(6):76.
<https://doi.org/10.3892/ijmm.2022.5132>
73. Honjo M., Tanihara H., Nishijima K. et al. Statin inhibits leukocyte-endothelial interaction and prevents neuronal death induced by ischemia-reperfusion injury in the rat retina. *Arch Ophthalmol* 2002; 120:1707-1713.
<https://doi.org/10.1001/archophth.120.12.1707>
74. Bosel J., Gandor F., Harms C. et al. Neuroprotective effects of atorvastatin against glutamate-induced excitotoxicity in primary cortical neurons. *J Neurochem* 2005; 92:1386-1398.
<https://doi.org/10.1111/j.1471-4159.2004.02980.x>
75. Schmeer C., Kretz A., Isenmann S. Statin-mediated protective effects in the central nervous system: general mechanisms and putative role of stress proteins. *Restor Neurol Neurosci* 2006; 24:79-95.
76. McGwin G Jr., McNeal S., Owsley C. et al. Statins and other cholesterol-lowering medications and the presence of glaucoma. *Arch Ophthalmol* 2004; 122:822-826.
<https://doi.org/10.1001/archophth.122.6.822>
77. Yuan Y., Xiong R., Wu Y. et al. Associations of statin use with the onset and progression of open-angle glaucoma: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Medicine* 2022; 46:101364.
<https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2022.101364>
78. Lin C.H., Lin H.I., Chen M.L. et al. Lovastatin protects neurite degeneration in LRRK2-G2019S parkinsonism through activating the Akt/Nrf pathway and inhibiting GSK3beta activity. *Hum Mol Genet* 2016; 25(10):1965-1978.
<https://doi.org/10.1093/hmg/ddw068>
79. Bibbins-Domingo K., Grossman D.C., Curry S. et al. Statin use for the primary prevention of cardiovascular disease in adults: US preventive services task force recommendation statement. *JAMA* 2016; 316(19):1997-2007.
<https://doi.org/10.1001/jama.2016.15450>
80. Leung D.Y.L., Li F.C.H., Kwong, Y.Y.Y. et al. Simvastatin and Disease Stabilization in Normal Tension Glaucoma: A Cohort Study. *Ophthalmology* 2010; 117(3):471-476.
<https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2009.08.016>
81. De Castro D.K., Punjabi O.S., Bostrom A.G. et al. Effect of statin drugs and aspirin on progression in open-angle glaucoma suspects using confocal scanning laser ophthalmoscopy. *Clin Exp Ophthalmol* 2007; 35:506-513.
<https://doi.org/10.1111/j.1442-9071.2007.01529.x>
82. Zheng W., Dryja T.P., Wei Z. et al. Systemic medication associations with presumed advanced or uncontrolled primary open-angle glaucoma. *Ophthalmology* 2018; 125(7):984-993.
<https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2018.01.007>
83. Nagaoka T., Hein T.W., Yoshida A., Kuo L. Simvastatin Elicits Dilation of Isolated Porcine Retinal Arterioles: Role of Nitric Oxide and Mevalonate-Rho Kinase Pathways. *Investig Ophthalmol Vis Sci* 2007; 48:825-832.
<https://doi.org/10.1167 / iovs.06-0856>
84. Harris M.B., Blackstone M.A., Sood S.G. et al. Acute activation and phosphorylation of endothelial nitric oxide synthase by HMG-CoA reductase inhibitors. *Am J Physiol Circ Physiol* 2004; 287:H560-H566.
<https://doi.org/10.1152/ajpheart.00214.2004>
85. Song X.-Y., Chen Y.-Y., Liu W.T. et al. Atorvastatin reduces IOP in ocular hypertension in vivo and suppresses ECM in trabecular meshwork perhaps via FGD4. *Int J Mol Med* 2022; 49(6):76.
<https://doi.org/10.3892/ijmm.2022.5132>

Направления в хирургическом лечении глаукомы последних десятилетий

ГУСАРЕВИЧ А.А., к.м.н., руководитель центра микрохирургии глаза¹, ассистент кафедры офтальмологии²;
<https://orcid.org/0000-0002-8206-7510>

КУРОЕДОВ А.В., д.м.н., профессор кафедры офтальмологии³, начальник офтальмологического центра⁴;
<https://orcid.org/0000-0001-9606-0566>

БРЕЖНЕВ А.Ю., к.м.н., доцент кафедры офтальмологии⁵. <https://orcid.org/0000-0002-5597-983X>

¹ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина» г. Новосибирск», 630003, Российская Федерация, Новосибирск, Владимирский спуск, 2А;

²ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, 630091, Российская Федерация, Новосибирск, ул. Красный проспект, 52;

³ФГАОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, 117997, Российская Федерация, Москва, ул. Островитянова, 1;

⁴ФКУ «ЦВКГ им. П.В. Мандрыка» Минобороны России, 107014, Российская Федерация, Москва, ул. Б. Оленья, 8А;

⁵ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Минздрава России, 305041, Российская Федерация, Курск, ул. К. Маркса, 3.

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

Конфликт интересов: отсутствует.

Для цитирования: Гусаревич А.А., Куроедов А.В., Брежнев А.Ю. Направления в хирургическом лечении глаукомы последних десятилетий. *Национальный журнал глаукома*. 2024; 23(1):75-87.

Резюме

Анализ трендов в хирургическом лечении первичной открытоугольной глаукомы позволяет оценить динамику изменений в отношении показаний к хирургическому лечению, количеству проводимых антиглаукомных операций (АГО) и их модификаций, а также демографическим характеристикам пациентов, длительности предоперационной терапии и эффективности проводимого лечения.

Результаты свидетельствуют о смещении вектора в сторону все более длительной терапевтической стратегии, применяемой до хирургического этапа лечения, и, в целом, уменьшения количества проводимых АГО в Российской Федерации за последние 20 лет. Остро стоит вопрос о позднем применении хирургического лечения, что подтверждается установленным повышением возраста впервые оперированных пациентов, и тенденцией к увеличению числа операций при далеко зашедшей стадии заболевания. Большинство опубликованных исследований послеоперационной гипотензивной эффективности АГО имеют ограниченные сроки наблюдения, что не позволяет адекватно оценить

результаты проводимого лечения. Раннее назначение медикаментозной гипотензивной терапии после проведенных операций свидетельствует о низком взаимодействии амбулаторных и стационарных специалистов, что минимизирует возможность ранней коррекции послеоперационных проблем.

Оптимизма добавляет увеличение в последнее время научных работ, особенно авторских патентов, в направлении поиска новых технологий хирургии глаукомы, разработки современных дренажных устройств и методов пролонгации послеоперационного гипотензивного эффекта. Проведенный анализ диктует необходимость разработки и внедрения мероприятий, направленных на четкое обозначение показаний к своевременному хирургическому лечению и создание условий к комплексному взаимоотношению пациента, офтальмолога амбулаторного звена и офтальмохирурга.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: глаукома, антиглаукомные операции, хирургическое лечение глаукомы, трабекулэктомия, показания к хирургии глаукомы, методики антиглаукомной хирургии.

Для контактов:

Гусаревич Анна Аркадьевна, e-mail: annagusarevich@gmail.com

LITERATURE REVIEW

Trends in the surgical treatment of glaucoma in recent decades

GUSAREVICH A.A., Cand. Sci. (Med.), Head of the Center for Eye Microsurgery¹, Assistant at the Academic Department of Ophthalmology²; <https://orcid.org/0000-0002-8206-7510>

KUROYEDOV A.V., Dr. Sci. (Med.), Professor at the Academic Department of Ophthalmology³, Head of the Ophthalmology Centre⁴; <https://orcid.org/0000-0001-9606-0566>

BREZHNEV A.Y., Cand. Sci. (Med.), Associate Professor at the Academic Department of Ophthalmology⁵; <https://orcid.org/0000-0002-5597-983X>

¹Clinical Hospital "RZD-Medicine" Novosibirsk, 2A Vladimirovskiy spusk, Novosibirsk, Russian Federation, 630003;

²Novosibirsk State Medical University, 52 Krasniy Ave., Novosibirsk, Russian Federation, 630091;

³Pirogov Russian National Research Medical University, 1 Ostrovityanova St., Moscow, Russian Federation, 117997;

⁴Mandryka Central Clinical Military Hospital, 8A Bolshaya Olenya St., Moscow, Russian Federation, 107014;

⁵Kursk State Medical University, 3 Karla Marksa St., Kursk, Russian Federation, 305041.

Funding: the authors received no specific funding for this work.

Conflicts of Interest: none declared.

For citations: Gusarevich A.A., Kuroyedov A.V., Brezhnev A.Y. Trends in the surgical treatment of glaucoma in recent decades. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma*. 2024; 23(1):75-87.

Abstract

The analysis of trends in the surgical treatment of primary open-angle glaucoma (POAG) allows assessing changes in the indications for surgical treatment, the number of glaucoma surgery and their modifications, as well as the demographic characteristics of patients, duration of preoperative therapy and the effectiveness of treatment.

The results indicate that over the past 20 years in the Russian Federation there was a shift towards an increasingly long-term therapeutic strategy used before the surgical stage of treatment, and, in general, a decrease in the number of performed glaucoma surgeries. There is much concern about late surgical treatment, which is confirmed by the established increase in the age of first-time operated patients, and the tendency to increase the number of operations at a far advanced stage of the disease. Most of the published studies on the postoperative hypotensive efficacy of surgery are of limited duration, which does not allow an adequate assessment of the results of treatment.

Early appointment of medical hypotensive therapy after surgical intervention indicates a low interaction between outpatient and inpatient specialists, which hinders the possibility of early correction of postoperative problems.

The recent increase in the number of scientific works, especially patents, focusing on the search for new technologies that can be implemented in glaucoma surgery, the development of modern drainage devices and the methods for prolonging the hypotensive effect after surgery gives a reason for optimism. The performed analysis dictates the need to develop and implement measures aimed at clearly defined indications for timely surgical treatment and creation of conditions for a complex relationship between the patient, outpatient ophthalmologist and glaucoma surgeon.

KEYWORDS: glaucoma, anti-glaucoma operations, surgical treatment of glaucoma, trabeculectomy, indications for glaucoma surgery, types of glaucoma surgery.

Повышенный уровень внутриглазного давления (ВГД) является доказанным фактором риска прогрессирования глаукомной оптической нейропатии. Исходя из результатов крупных многоцентровых исследований, именно снижение уровня офтальмотонуса является единственным подтвержденным способом стабилизации глаукомного процесса [1–3]. Стартовой стратегией снижения уровня ВГД у пациентов с первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ) следует считать использование терапевтического подхода с назначением гипотензивных препаратов и/или

лазерного лечения [4]. Вместе с тем, именно хирургическое лечение является наиболее эффективным способом снижения уровня ВГД [5], рекомендуемым преимущественно при прогрессировании глаукомного процесса на фоне максимальной переносимой медикаментозной терапии. Взгляды на роль и место антиглаукомной хирургии подвергаются в последние десятилетия существенному пересмотру. В этой связи особый интерес представляет анализ меняющихся стратегий лечения пациентов с ПОУГ и оценка вектора подобных изменений с течением времени.

Целью настоящей работы являлась характеристика направлений хирургического лечения ПОУГ в РФ за последние 20 лет по анализу публикаций отечественных исследователей. Проанализированы данные по количеству проводимых вмешательств, преобладающие методики антиглаукомных операций, динамика изменений в отношении показаний к хирургическому лечению, возрастные характеристики пациентов, уровни ВГД, при которых применяется хирургический подход в лечении и эффективность различных вмешательств в отдаленные сроки наблюдения. Полученные данные могут послужить базой для оценки динамики клинко-эпидемиологической структуры заболевания, разработки медико-социальных программ по снижению инвалидизации и слепоты вследствие глаукомы в нашей стране.

Место хирургии в алгоритме лечения ПОУГ

В офтальмологической литературе появляется все больше сообщений о нарастании количества используемых препаратов в структуре медикаментозной терапии и постепенному снижению доли хирургического лечения, как лазерного, так и традиционного [6]. Это можно объяснить расширением спектра и повышением эффективности гипотензивных средств, «страхами» о влиянии антиглаукомных операций (АГО) на функции зрения со стороны и врачей, и пациентов, риском осложнений, а также возможностью прогрессии глаукомного процесса даже после удачно проведенного хирургического вмешательства [7–10].

Показательным является анализ изменения доли пациентов хирургического профиля среди глаукомных больных в различных регионах страны. Так, при сравнении тактики лечения пациентов с впервые выявленной глаукомой по данным офтальмологических стационаров Курской области отмечается уменьшение доли хирургии как стартового метода лечения почти в 1,5 раза: с 64,7% в 2001 г. и 51,1% в 2006 г. до 38,5% в 2010 г. [11]. Тенденция снижения объемов антиглаукомной хирургии отмечается и в Самарской области. В 2008–2013 гг. фиксируется некоторое сокращение доли хирургической активности при выборе лечебной стратегии ПОУГ: в 2008 г. количество оперированных пациентов (от общего числа состоящих на диспансерном учете у офтальмолога) составляло 2,8%, в 2013 — 2,5% [12]. В абсолютных величинах количество антиглаукомных операций за период 2010–2014 гг. сократилось на 24,2% с 840 в 2010 г. до 634 в 2014 г. [13]. Постепенное снижение доли оперированных пациентов с ПОУГ отмечается в Республике Башкортостан: в 2010 г. этот показатель составлял 7,2% от всех операций на органе зрения, в 2012 г. — 5,3%, в 2015 г. — 5,5%, при значительном росте количества диспансерных пациентов (в 2 раза) за двадцатилетний период 1999–2020 гг. [14, 15]. В ходе проведенного эпидемиологического анализа за период 2010–2016 гг. отмечено уменьшение доли пациентов, охваченных хирургическим лечением (с 27,9% до 23,7%) [16].

К сожалению, в РФ длительное время не проводилось многоцентровых клинко-эпидемиологических исследований и данные по детальному

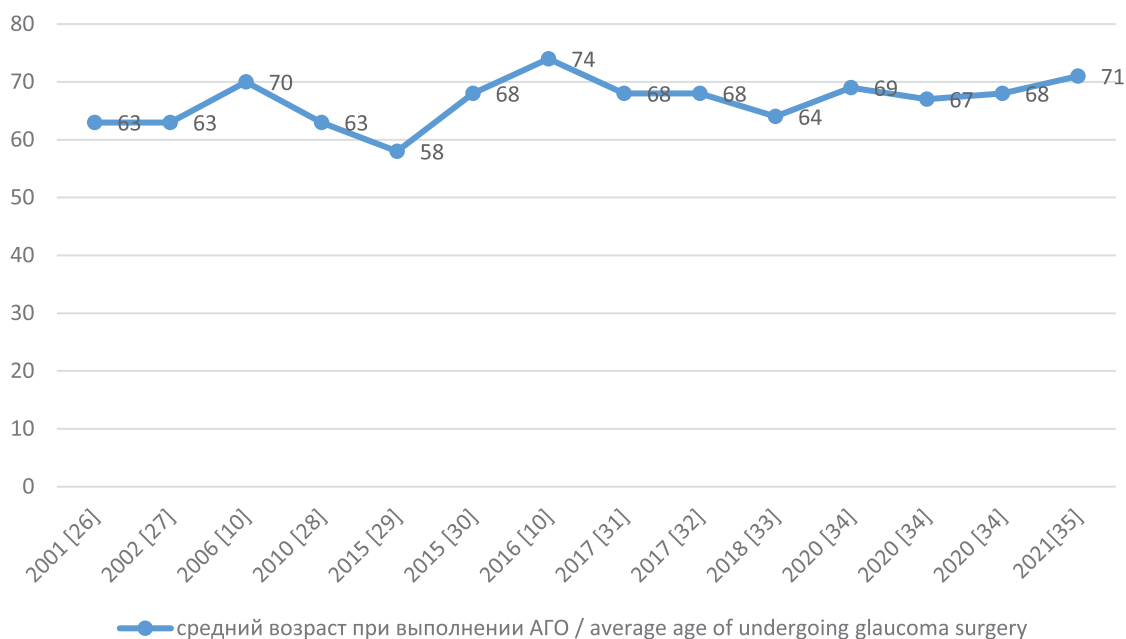


Рис. 1. Динамика среднего возраста пациентов на этапе хирургического лечения, лет.

Fig. 1. Changes in the average age of patients at the stage of surgical treatment over the years.

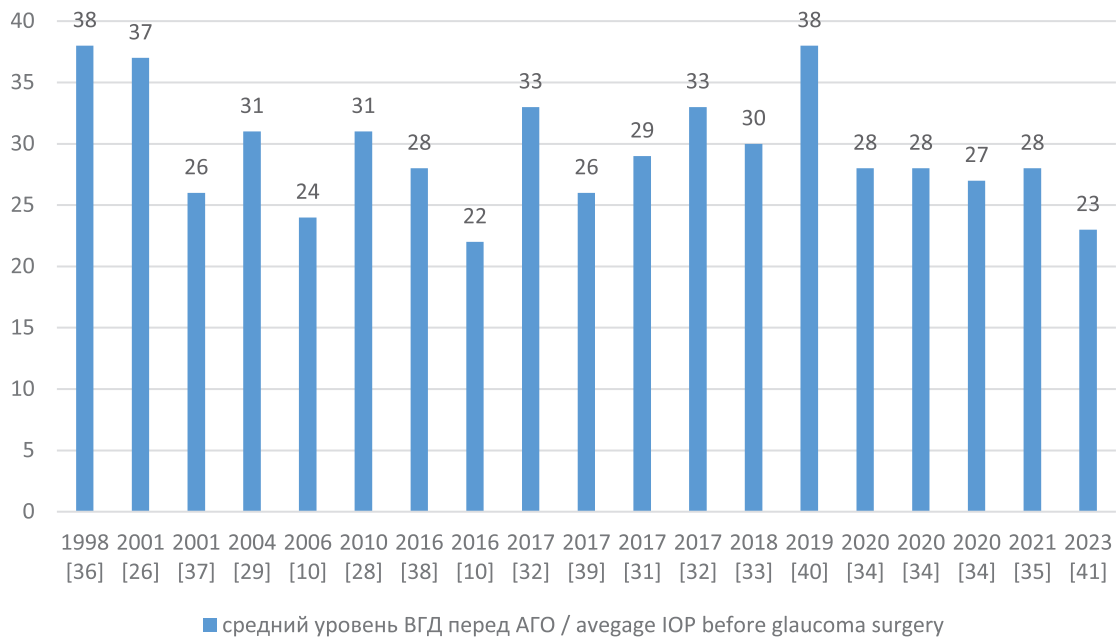


Рис. 2. Средний предоперационный уровень тонометрического ВГД по данным российских исследований (мм рт.ст.).

Fig. 2. Changes in the average preoperative level of tonometric IOP according to Russian studies (mm Hg).

анализу направлений хирургического лечения глаукомы разнятся по регионам, что не дает возможности провести точные сравнения в федеральном масштабе. В ретроспективном многоцентровом исследовании (2011) было подсчитано, что среди 6 423 пациентов, поставленных на учет с 2006 по 2010 гг., были прооперированы лишь 567 человек [17]. В докладе академика В.В. Нероева и соавт. «Достижения офтальмохирургии в Российской Федерации» (2021) было показано, что антиглаукомная хирургия составляет 7,3% от всех хирургических вмешательств (данные 2019 г.), а общее число проводимых АГО в РФ колеблется от 64 779 в 2008 г. (что составило 10,6% от всех операций в стационарах страны) до 68 914 в 2015 г. и 47 957 в 2020 г. (8,5% и 7,5%, соответственно) [18]. Большинство клиницистов разделяют мнение о значительном снижении объемов выполнявшихся в 2020 г. вмешательств, вследствие сложившейся эпидемиологической ситуации на тот момент времени.

В первом на постсоветском пространстве исследовании клинично-эпидемиологических характеристик глаукомы в странах СНГ и Грузии было выявлено, что на начальной стадии болезни оперативное лечение проводилось в 19,3% случаев, а при развитой и далекозашедшей — в 37,2% и 37,4%, соответственно [19]. При изучении оптимизации лечебного процесса у пациентов с ПОУГ было выявлено, что на старте лечения хирургический подход использовался у 4% лиц, а к 5-й смене режимов лечения использовался уже в 85,7% [8].

На протяжении изучаемых десятилетий в отдельных субъектах РФ наблюдались существенные различия в выборе тактики и методов лечения ПОУГ в силу

отсутствия единого регламентированного подхода. Во многих регионах и даже клиниках одного региона показания к проведению хирургического вмешательства при глаукоме в начале 2000-х годов различались, иногда значительно. Академик А.П. Нестеров отмечал широкий диапазон взглядов на эту проблему — «от необходимости первичного хирургического вмешательства сразу при постановке диагноза до полного отказа от него» [20]. Безусловными показаниями к хирургическому лечению служили недостаточная эффективность лекарственной терапии, невозможность для пациента систематически посещать врача-офтальмолога, неаккуратность пациента в выполнении назначений врача. Отмечалось, что вмешательство может быть использовано в любой стадии глаукомы в соответствии с выбором лечащего врача и информированным согласием больного [21]. В методическом пособии для врачей «Основные направления современного медикаментозного и хирургического лечения первичной глаукомы» сотрудники отделения глаукомы Московского НИИ глазных болезней им. Гельмгольца под руководством проф. В.П. Еричева (2000) рекомендовали дифференцированный подход к выбору тактики лечения ПОУГ: при наличии условий, обеспечивающих возможность выполнения пациентами назначений врача обоснован выбор медикаментозного лечения на начальной стадии заболевания, в остальных — сравнительно ранняя хирургия глаукомы. В первом выпуске «Клинических рекомендаций по офтальмологии» под редакцией акад. Л.К. Мошетовой (2006) хирургическое лечение (фистулизирующие операции) предлагалось в качестве основного у пациентов с впервые выявленной

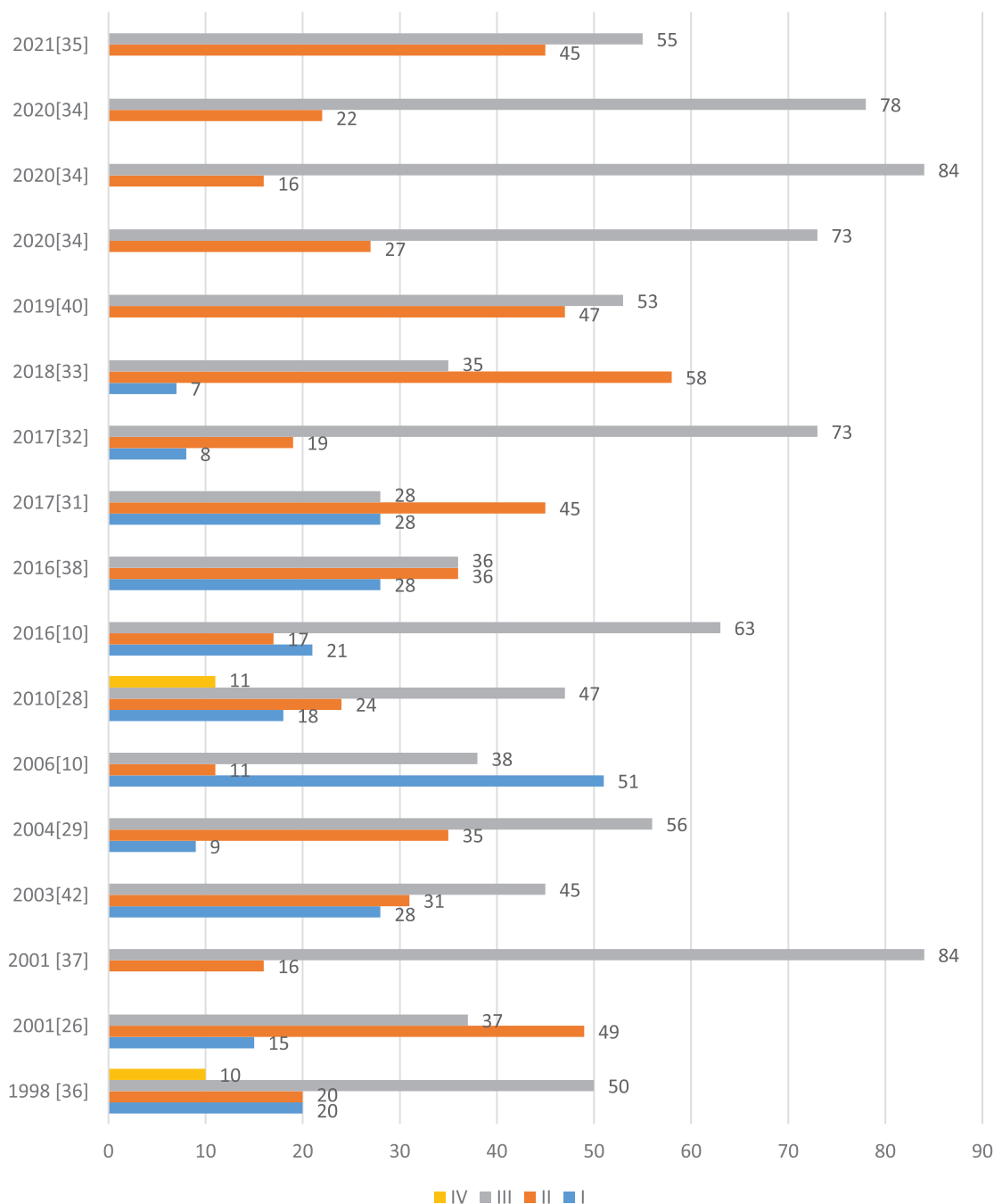


Рис. 3. Стадия ПОУГ на этапе АГО (%).

Fig. 3. Stages of POAG before glaucoma surgery (%).

глаукомой с продвинутыми стадиями заболевания [22]. В первой редакции «Национального руководства по офтальмологии» (2008) был предложен алгоритм лечения пациентов с ПОУГ, в котором переход от терапевтического лечения к хирургическому возможен при неэффективности максимальной медикаментозной терапии и лазерного лечения с учетом индивидуальных особенностей конкретного человека [23]. Авторы современных клинических рекомендаций и руководств по глаукоме предлагают алгоритмы, основанные на результатах

крупномасштабных рандомизированных клинических исследований, проведенных как в России, так и за рубежом, и имеющих высокий уровень доказательности. Выбор хирургической тактики лечения основывается на многих факторах, в том числе невозможности достижения «целевого» уровня давления другими методиками, индивидуальных особенностях пациента, не позволяющих сохранить зрительные функции без четкого ориентирования на конкретные значения уровня ВГД, стадию, возраст [5]. Комплексный подход в принятии решения

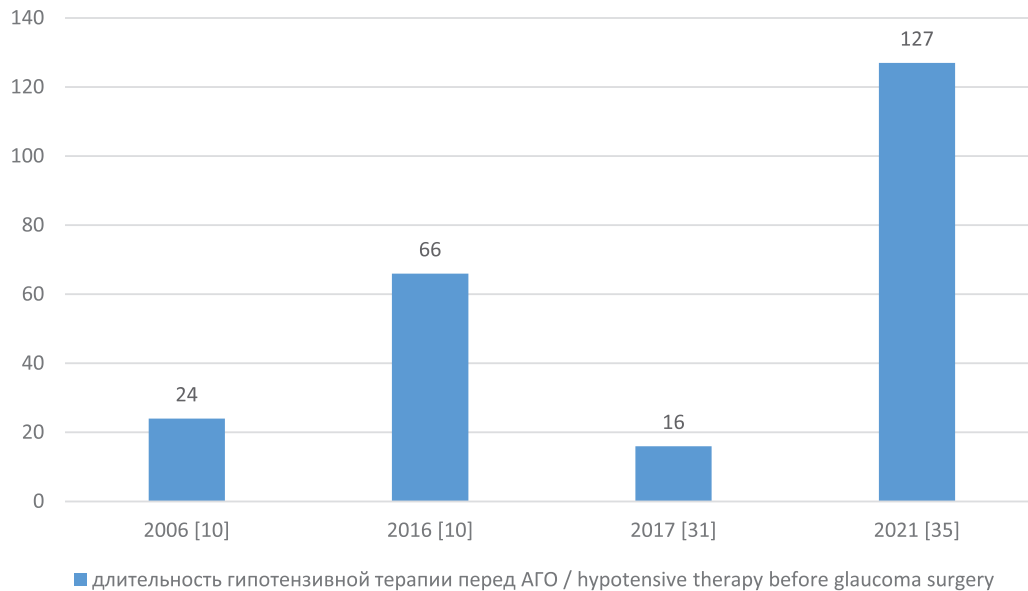


Рис. 4. Длительность предоперационного медикаментозного лечения ПОУГ, мес.

Fig. 4. Duration of preoperative medical treatment for POAG, months.

о переходе к хирургии глаукомы должен базироваться на результатах мониторинга конкретного пациента с учетом факторов риска прогрессирования, возможности и эффективности терапии, условий для проведения АГО на фоне доверительных отношений врача и пациента [24].

Таким образом, на основании опубликованных данных можно сделать вывод о снижении доли хирургического лечения глаукомы в РФ на протяжении последних 20 лет на фоне увеличения количества заболеваемости ПОУГ [25]. Изучая доступные материалы отечественных исследований, посвященных хирургии глаукомы составлены обобщенные таблицы и графики для оценки динамики отдельных показателей в анализируемом 20-летнем периоде.

Клинический портрет пациента, которому предстоит оперативное лечение глаукомы

Возраст, несомненно, играет важное значение в принятии решения о проведении АГО, выборе метода хирургического лечения в силу увеличения количества и тяжести коморбидных состояний, возможности адекватного фармакологического сопровождения перед и после проведенного вмешательства, что, в свою очередь, обеспечивает эффективность и длительность гипотензивного эффекта после хирургии.

По данным ряда исследований средний возраст пациентов на момент принятия решения о необходимости АГО колеблется от 61 до 71 года на протяжении последних 20 лет (рис. 1). Следует отметить, что тренд не линейный, но отмечается смещение данного показателя в более возрастную группу [10, 26–35].

Несмотря на то, что уровень ВГД не является основополагающим фактором в выборе хирургии как метода лечения ПОУГ, в реальной клинической практике этот показатель нередко играет определяющую роль. При этом отмечается тенденция к снижению уровня предоперационного ВГД [10, 26, 28, 29, 31–41]. Уровень ВГД выше 30 мм рт.ст. оставался неким «триггером» перехода к антиглаукомному хирургическому вмешательству в первом десятилетии XXI века, но последние исследования демонстрируют тенденцию к снижению этого порога (рис. 2). При этом в работе по оценке эффективности синустрабекулэктомии авторы не усматривают корреляции между дооперационным уровнем ВГД с результатами трабекулэктомии и исключают его роль как фактора, прогнозирующего успех или неудачу АГО [41].

При анализе исследований, направленных на изучение хирургии глаукомы, можно обратить внимание на смену тренда, связанного с переходом к оперативному лечению в зависимости от стадии ПОУГ. Так, в начале 2000-х годов значительную долю составляли пациенты с I и II стадиями заболевания, тогда как в 2020-х годах отмечается преобладание далекозашедшей стадии (рис. 3) [10, 26, 28, 29, 31–38, 40, 42].

В отечественной научной литературе нами не было обнаружено достаточного количества публикаций, посвященных хирургии глаукомы, где учитывалась бы длительность предшествующего гипотензивного лечения. Согласно представленным данным, наблюдается тенденция к увеличению этого периода, что соответствует общемировому тренду и несомненно связано с преобладанием терапевтического подхода над хирургическим в последние годы (рис. 4) [10, 31, 35].

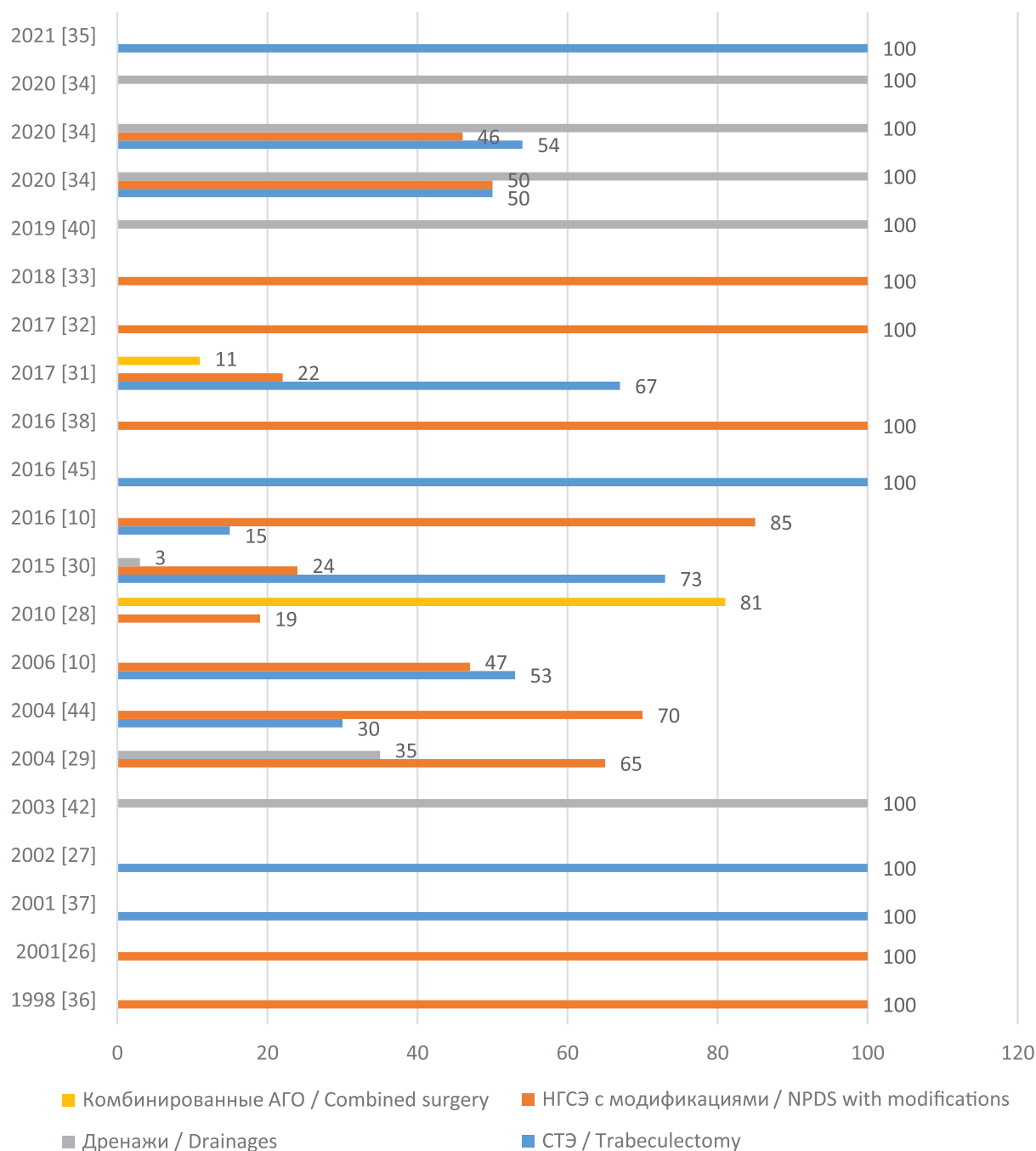


Рис. 5. Соотношение описываемых методик АГО в опубликованных исследованиях за период 1998–2021 гг., %. НГСЭ — непроникающая глубокая склерэктомия, СТЭ — синустрабекулэктомия.

Fig. 5. Proportion of glaucoma surgery methods described in published studies in the 1998–2021 years, %. NPDS — non-penetrating deep sclerectomy.

Таким образом, в последние годы наблюдаются следующие изменения в предоперационных характеристиках пациентов, направляемых для хирургического лечения ПОУГ: увеличение возраста, преобладание далекозашедшей стадии заболевания, возрастание продолжительности медикаментозной терапии и снижение уровня предоперационного ВГД.

Характеристики и эффективность хирургического лечения

Разработки различных видов хирургических вмешательств при ПОУГ ведутся более 100 лет, предлагаются все более эффективные и безопасные методики [43]. Борьба с избыточным рубцеванием в зоне сформированных путей фильтрации



Рис. 6. Уровень ВГД в отдаленные сроки на момент оценки эффективности АГО, мм рт.ст.

Fig. 6. The IOP levels in the long term at the time of assessing the effectiveness of glaucoma surgery, mm Hg.



Рис. 7. Сроки сохранения гипотензивного эффекта АГО без дополнительной медикаментозной поддержки, мес.

Fig. 7. Retention time of the hypotensive effect of glaucoma surgery without additional medical treatment, months.

внутриглазной жидкости приводит к появлению новых видов дренажей и специализированных устройств, а также разработке модификаций комбинированных процедур, включая лазерные методики и сочетание хирургии глаукомы и катаракты. В спектре опубликованных исследований, касающихся новых видов или критериев выбора того или иного метода АГО, отмечается рост интереса

к модификациям непроникающей глубокой склерэктомии (НГСЭ) и дренажной хирургии. В уже упомянутом выше докладе было установлено двукратное увеличение доли различных моделей дренажных устройств в структуре АГО с 9,3% в 2012 г. до 17,4% в 2020 г. [18]. Впрочем, «золотой» стандарт — синустрабекулэктомия — не теряет как научный, так и практический интерес для российских

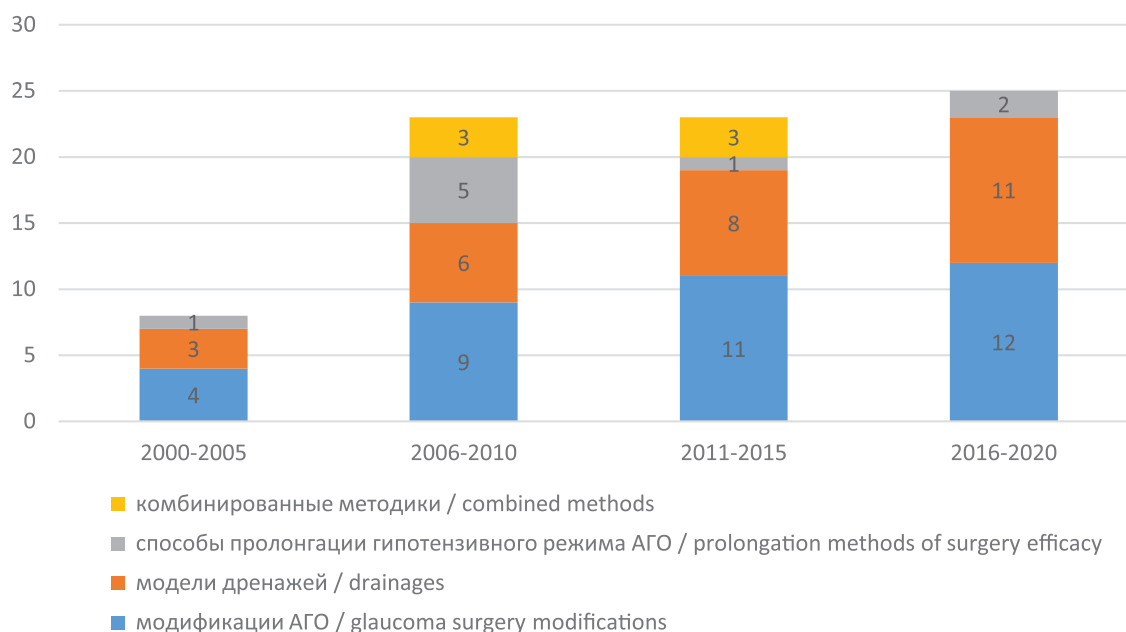


Рис. 8. Опубликованные патенты в электронной библиотеке elibrary.ru и FindPatent.ru, шт.

Fig. 8. Number of published patents listed in the Russian databases "elibrary.ru" and "FindPatent.ru".

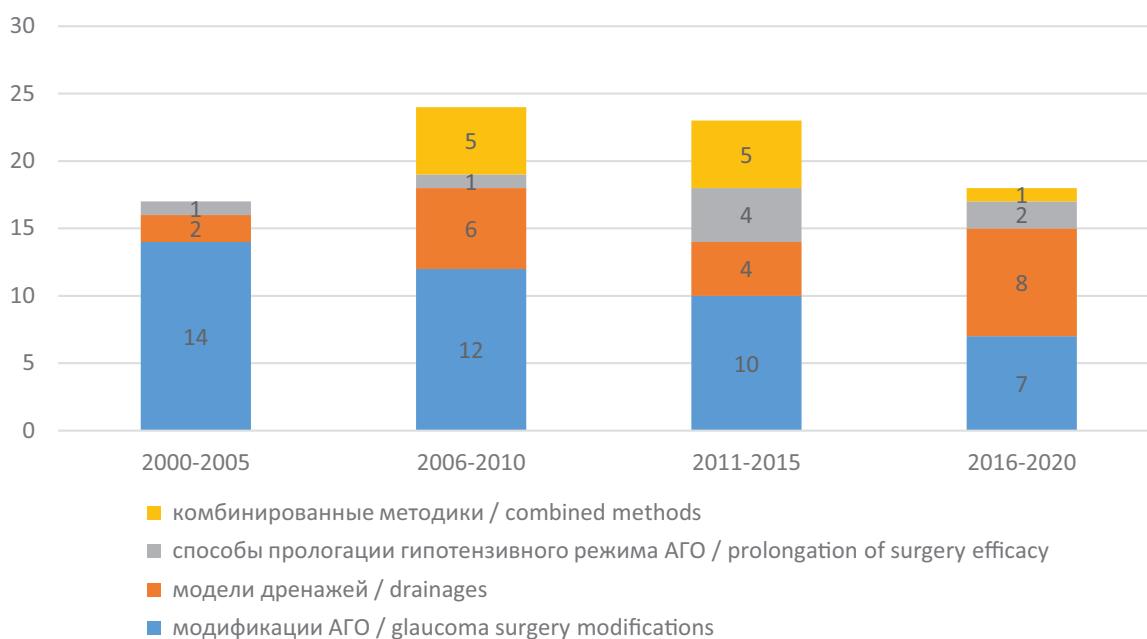


Рис. 9. Защищенные диссертации, опубликованные в электронной библиотеке elibrary.ru и на сайте dissercat.com, шт.

Fig. 9. Number of defended theses published in the Russian databases "elibrary.ru" and "dissercat.com".

офтальмохирургов. Были изучены основные методики АГО, проводимые в РФ за 20-летний период (рис. 5) [10, 26–38, 40, 42, 44, 45].

Для оценки эффективности хирургического лечения ПОУГ в исследованиях применяются несколько критериев, в частности, уровень ВГД (в ранние и отдаленные сроки после операции), степень понижения офтальмотонуса и доля пациентов

с нормализованными значениями ВГД в разные сроки после операции. Вводятся дополнительные понятия, такие как «абсолютный» и «относительный» успех АГО, определения которых также могут отличаться от исследования к исследованию. В связи с этим сложно провести сравнение многочисленных и неоднородных данных. На рис. 6 представлены уровни ВГД в отдаленном послеоперационном

Таблица 1. Длительность наблюдения после проведенного хирургического лечения ПОУГ.

Table 1. Duration of follow-up after surgical treatment of POAG.

	Год публикации Year of publication	Длительность наблюдения, мес. Follow-up period, months	Ссылки References
1	1998	24	36
2	2001	18	26
3	2001	26	37
4	2002	28	27
5	2003	60	42
6	2010	12-24	28
7	2015	120	29
8	2015	12-24	30
9	2016	18	38
10	2017	24	32
11	2018	6	33
12	2019	12	40
13	2020	24	34

периоде (в среднем 1-2 года), независимо от вида выполненной АГО, без дополнительной медикаментозной поддержки. Как видно из диаграммы, в большей части исследований наблюдается его компенсация в диапазоне тонометрического уровня ВГД 15–22 мм рт.ст. [26, 27, 31–33, 36–38, 40, 42].

В последние годы стали доступными высокий уровень микрохирургической техники проводимого лечения глаукомы, а также наличие современного оборудования и фармакологического сопровождения. Вместе с тем, в публикациях, оценивающих результаты хирургии глаукомы, наметилась явная тенденция к уменьшению срока от момента операции до оценки ее отдаленных результатов [46, 47]. Длительность контроля стабилизации глаукомного процесса после проведенных АГО представлены в табл. 1. Работы с небольшим сроком наблюдения не были включены в анализ трендов.

На рубеже 2000–2005 гг. превалировали публикации, посвященные борьбе с осложнениями глаукомной хирургии, что приводило к более «сдержанному» подходу к внедрению новых методик. Операции часто выполнялись у пациентов с далеко зашедшими стадиями ПОУГ, сопровождающимися выраженной потерей зрительных функций. Приводимая частота послеоперационных осложнений, таких как гипотония, цилиохориоидальная отслойка и гифема доходила до 80%...90% [48, 49]. Внедрение в практику непроникающей хирургии во многих офтальмологических стационарах дало

возможность проведения АГО на более ранних стадиях [50]. В то же время, авторами отмечается непродолжительность гипотензивного эффекта непроникающих операций. Рецидивы стойкого повышения уровня ВГД в различные сроки после операции возникают у 15%...35% пациентов, которым выполнялась синустрабекулэктомия, а в случаях НГСЭ они достигают 60% [50–54].

Результаты хирургии в опубликованных исследованиях в ранние сроки в подавляющем большинстве случаев можно классифицировать как «полный успех». Вместе с тем, спорными представляется авторские оценки длительности подобного результата. Период наблюдения в 1–2 года показывает, что без медикаментозной гипотензивной поддержки эффективность АГО значительно снижается и можно четко проследить тренд на укорочение этого срока в последние десятилетия (рис. 7) [28, 31, 33, 38, 42].

Одним из показателей интереса к проблемам хирургии глаукомы является количество опубликованных патентов и защищенных диссертационных работ. Поиск работ проводился по электронной базе ООО «Научная электронная библиотека» (elibrary.ru). Отмечается значительный рост числа исследований по повышению эффективности оперативного лечения ПОУГ в РФ через разработку инновационных методик, изобретений, хирургических инструментов, анализов данных и т.п., выражающихся в оформлении соответствующего патента на изобретение (рис. 8). В течение 20 лет значительно увеличивается как общее количество патентов, так и доля разработок различных моделей дренажей. В то же время отмечается уменьшение интереса к научным обоснованиям того или иного хирургического метода лечения ПОУГ, особенно в последние 5 лет (рис. 9).

На основании проанализированных публикаций отмечается повышение интереса к модификациям, как фильтрующих антиглаукомных вмешательств, так и совершенствование операций непроникающего типа и более широкое внедрение дренажной хирургии глаукомы. Уровень ВГД (Pт) в отдаленные сроки после АГО в последние годы сопоставим с данными начала века и колеблется на уровне 18,5 мм рт.ст. Однако настораживает факт снижения гипотензивного эффекта АГО в отдаленные сроки в исследованиях последних лет.

Закключение

Проведенный анализ исследований тактики ведения пациентов ПОУГ в РФ свидетельствует о снижении доли хирургического лечения глаукомы на протяжении последних 20 лет. При сравнении отдельных показателей, влияющих на выбор стратегии лечения в пользу хирургии, отмечается уменьшение уровня ВГД, более продвинутая стадия

глаукомного процесса в последнее десятилетие. Наблюдаемое увеличение сроков медикаментозного лечения до перехода к хирургии в ПОУГ обосновано расширением спектра и увеличением доступности гипотензивных препаратов. Для достижения цели по сохранению зрительных функций при ПОУГ требуются четкие алгоритмы лечения и переключения методик, учитывая передовые технологии и эффективные стратегии. Необходимо выстроить критерии перехода к хирургии с учетом персона-

фицированного подхода, создать условия для комплексного взаимоотношения пациента с офтальмологом амбулаторного звена и офтальмохирургом. Актуальным является более широкое использование зарекомендовавших себя способов профилактики избыточного рубцевания в зоне вмешательства, возможностей борьбы с осложнениями, обучение офтальмохирургов новым методикам хирургии глаукомы, вариантам пролонгирования гипотензивного эффекта АГО.

Литература

1. AGIS Investigators: The Advanced Glaucoma Intervention Study (AGIS): 7. The relationship between control of intraocular pressure and visual field deterioration. *Am J Ophthalmol* 2000; 130(4):429-440. [https://doi.org/10.1016/s0002-9394\(00\)00538-9](https://doi.org/10.1016/s0002-9394(00)00538-9).
2. Heijl A., Leske M.C., Bengtsson B. et al. Reduction of intraocular pressure and glaucoma progression: results from the Early Manifest Glaucoma Trial. *Arch Ophthalmol* 2002; 120(10):1268-1279. <https://doi.org/10.1001/archophth.120.10.1268>.
3. Kass M.A., Heuer D.K., Higginbotham E.J. et al. The Ocular Hypertension Treatment Study: a randomized trial determines that topical ocular hypotensive medication delays or prevents the onset of primary open-angle glaucoma. *Arch Ophthalmol* 2002; 120(6):701-713. <https://doi.org/10.1001/archophth.120.6.701>.
4. Куроедов А.В., Брежнев А.Ю., Ловпаче Дж.Н. и др. Целесообразность применения дифференцированных («ступенчатых») стартовых подходов к лечению больных с разными стадиями глаукомы. *Национальный журнал глаукома* 2018; 17(3):77-85. <https://doi.org/10.25700/NJG.2018.04.03>.
5. Национальное руководство по глаукоме для практикующих врачей. Изд. 4-е, испр. и доп. Под ред. Егорова Е.А., Еричева В.П. М: ГЭОТАР-Медиа 2019; 384.
6. Куроедов А.В., Брежнев А.Ю., Александров А.С., Огородникова В.Ю. Принципы лечения начальной стадии глаукомы: хирургия против терапии (обзор литературы). *Военно-медицинский журнал* 2011; 5:28-35. <https://doi.org/10.17816/RMMJ75235>.
7. Montolio F. G. J., Mueskens R. P. H. M., Jansonius N. M. Influence of glaucoma surgery on visual function: a clinical cohort study and meta-analysis. *Acta ophthalmologica* 2019; 97(2):193-199. <https://doi.org/10.1111/aos.13920>.
8. Абышева Л.Д., Александров А.С., Арапиев М.У. и др. Оптимизация лечебно-диагностического процесса у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой. *Национальный журнал глаукома* 2016; 15(2):19-34.
9. Краснов М.М. Микрохирургия глаукомы. М: Медицина 1974; 176.
10. Куроедов А.В., Криницына Е.А., Сергеева В.М., Городничий В.В. Изменение структуры клинико-эпидемиологических показателей первичной открытоугольной глаукомы за 10 лет у пациентов, поступающих на оперативное лечение. *РМЖ Клиническая офтальмология* 2017; 17(4):205-212. <https://doi.org/10.21689/2311-7729-2017-17-4-205-212>.
11. Березников А.И., Филиппенко Н.Г. Изменение методик компенсации внутриглазного давления и лечения атрофии зрительного нерва при глаукоме за последние десять лет по данным клиники. *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина Фармация* 2012; 22-3(141):46-48.
12. Карлова Е.В., Радайкина М.В., Никифорова Е.Б. и др. О хирургическом лечении первичной открытоугольной глаукомы в Самарской области. *Медицинский вестник Башкортостана* 2015; 10(2):35-38.
13. Никифорова Е.Б. Клинико-эпидемиологический анализ глазной заболеваемости, инвалидности и стационарной офтальмологической помощи населению Самарской области за период 2010–2014 гг. *Вестник Оренбургского государственного университета* 2015; 12(187):160-166.
14. Азнабаев Б.М., Загидуллина А.Ш., Рашитова Д.Р. Анализ заболеваемости глаукомой населения Республики Башкортостан. *Национальный журнал глаукома* 2017; 16(1):55-63.
15. Бикбов М.М., Бабушкин А.Э., Хуснитдинов И.И. и др. Эпидемиологические характеристики глаукомы в Республике Башкортостан. *Национальный журнал глаукома* 2020; 19(1):3-9. <https://doi.org/10.25700/NJG.2020.01.01>.

References

1. AGIS Investigators: The Advanced Glaucoma Intervention Study (AGIS): 7. The relationship between control of intraocular pressure and visual field deterioration. *Am J Ophthalmol* 2000; 130(4):429-440. [https://doi.org/10.1016/s0002-9394\(00\)00538-9](https://doi.org/10.1016/s0002-9394(00)00538-9).
2. Heijl A., Leske M.C., Bengtsson B. et al. Reduction of intraocular pressure and glaucoma progression: results from the Early Manifest Glaucoma Trial. *Arch Ophthalmol* 2002; 120(10):1268-1279. <https://doi.org/10.1001/archophth.120.10.1268>.
3. Kass M.A., Heuer D.K., Higginbotham E.J. et al. The Ocular Hypertension Treatment Study: a randomized trial determines that topical ocular hypotensive medication delays or prevents the onset of primary open-angle glaucoma. *Arch Ophthalmol* 2002; 120(6):701-713. <https://doi.org/10.1001/archophth.120.6.701>.
4. Kuroyedov A.V., Brezhnev A.Yu., Lovpache J.N. et al. The feasibility of using differentiated ("graded") starting approaches to the treatment of patients with different stages of glaucoma. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma* 2018; 17(3):77-85. <https://doi.org/10.25700/NJG.2018.04.03>.
5. National Guidelines for Glaucoma Practitioners. Ed. 4th, revised. Eds. Egorov E.A., Elichev V.P. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2019. 384 p.
6. Kuroyedov A.V., Brezhnev A.Yu., Aleksandrov A.S., Ogorodnikova V.Yu. Principles of treatment of the initial stage of glaucoma: surgery versus therapy (literature review). *Military Medical Journal* 2011; 5:28-35. <https://doi.org/10.17816/RMMJ75235>.
7. Montolio F. G. J., Mueskens R. P. H. M., Jansonius N. M. Influence of glaucoma surgery on visual function: a clinical cohort study and meta-analysis. *Acta ophthalmologica* 2019; 97(2):193-199. <https://doi.org/10.1111/aos.13920>.
8. Abyшева L.D., Aleksandrov A.S., Arapiev M.U. et al. Optimization of treatment and diagnosis in patients with primary open-angle glaucoma. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma* 2016. 2016; 15(2):19-34.
9. Krasnov M.M. *Mikrokhirurgiya glaukomy* [Microsurgery of glaucoma]. Moscow: Medicine Publ, 1974. 176 p. (in Russ.).
10. Kuroyedov A.V., Krinitsyna E.A., Sergeeva V.M., Gorodnichiy V.V. Changes in the structure of clinical and epidemiological characteristics of primary open-angle glaucoma over 10 years in patients coming to surgical treatment. *RMJ Clinical ophthalmology* 2017; 17(4):205-212. <https://doi.org/10.21689/2311-7729-2017-17-4-205-212>.
11. Bereznikov A.I., Filippenko N.G. Change of treatment methods of intraocular pressure and atrophy of the optic nerve in glaucoma in the last ten years in the clinic. *Belgorod state university scientific bulletin. Medicine. Pharmacy* 2012; 22-3(141):46-48.
12. Karlova E.V., Radaykina M.V., Nikiforova E.B. et al. On surgical treatment of primary open angle glaucoma in Samara region. *Bashkortostan Medical Journal* 2015; 10(2):35-38.
13. Nikiforova E.B. The clinical epidemiological analysis of dynamics of eye incidence, disability and the stationary ophthalmological help to the population of the samara region during 2010–2014 years. *Vestnik of the Orenburg State University* 2015; 12(187):160-166.
14. Aznabae B.M., Zagidullina A.S., Rashitova D.R. Analysis of glaucoma incidence in the Republic of Bashkortostan. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma* 2017; 16(1):55-63.
15. Bikbov M.M., Babushkin A.E., Khusnitdinov I.I. et al. The comparison of glaucoma prevalence in the Republic of Bashkortostan. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma* 2020; 19(1):3-9. <https://doi.org/10.25700/NJG.2020.01.01>.

16. Бикбов М.М., Бабушкин А.Э., Хуснитдинов И.И. и др. Динамика эпидемиологических показателей глаукомы в Республике Башкортостан за период 2010–2016 гг. *РМЖ Клиническая офтальмология* 2018; 18(4):163-167. <https://doi.org/10.21689/2311-7729-2018-18-4-163-167>
17. Нероев В.В., Киселева О.А., Бессмертный А.М. Основные результаты мультицентрового исследования эпидемиологических особенностей первичной открытоугольной глаукомы в Российской Федерации. *Российский офтальмологический журнал* 2013; 6(3):4-7.
18. Нероев В.В. Достижения офтальмохирургии в Российской Федерации: доклад на офтальмологическом конгрессе «XIV Российский общенациональный офтальмологический форум – 2021», 2021 г. 22-24 сентября; Москва. <http://avo-portal.ru/images/sobitia/dokladi/droof2021h.pdf> (дата обращения: 21.04.2023).
19. Егоров Е.А., Куроедов А.В. Отдельные клинко-эпидемиологические характеристики глаукомы в странах СНГ и Грузии. Результаты многоцентрового открытого ретроспективного исследования (часть 2). *РМЖ Клиническая офтальмология* 2012; 1:19-22.
20. Нестеров А.П. Глаукома. М: Мединформ. агентство 2008; 307.
21. Нестеров А.П. Первичная открытоугольная глаукома: патогенез и принципы лечения. *РМЖ Клиническая офтальмология* 2000; 1(1):4-6.
22. Офтальмология. Клинические Рекомендации. Под редакцией Л.К. Мошетовой, А.П. Нестерова, Е.А. Егорова. М: ГЭОТАР-Медиа 2006; 255.
23. Офтальмология. Национальное руководство. Под ред С.Э. Аветисова, Е.А. Егорова, Л.К. Мошетовой, В.В. Нероева, Х.П. Тахчиди. М: ГЭОТАР-Медиа 2008; 944.
24. Еричев В.П., Басинский С.Н., Куроедов А.В. О переходе к хирургическому этапу лечения глаукомы. *Национальный журнал глаукома* 2023; 22(1):92-102. <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2023-22-1-92-102>.
25. Мовсисян А.Б., Куроедов А.В., Архаров М.А. и др. Эпидемиологический анализ заболеваемости и распространенности первичной открытоугольной глаукомы в Российской Федерации. *Клиническая офтальмология* 2022; 22(1):3-10. <https://doi.org/10.32364/2311-7729-2022-22-1-3-10>.
26. Тахчиди Х.П., Иванов Д.И., Бардасов Д.Б. Отдаленные результаты микроинвазивной непроникающей глубокой склерэктомии. *Офтальмохирургия* 2003; 3:14-17.
27. Еричев В.П., Бессмертный А.М., Червяков А.Ю. Полностью фистулизирующая операция, как способ повышения эффективности хирургического лечения рефрактерной глаукомы. *РМЖ Клиническая офтальмология* 2002; 2:59.
28. Шмырева В.Ф., Петров С.Ю., Калинин Д.Е. Значение формы и степени деструкции дренажных путей для прогноза эффективности неперфорационных антиглаукоматозных операций при первичной открытоугольной глаукоме. *Глаукома* 2010; 3:25-29.
29. Егоров В.В., Поступаев А.В. Результаты многолетнего наблюдения за пациентами после операции по поводу первичной открытоугольной глаукомы. *РМЖ Клиническая офтальмология* 2015; 16(3):136-139.
30. Датских Е.О., Коновалова О.С., Мальцев Н.Г. Анализ эффективности различных методов хирургического лечения и осложнений раннего послеоперационного периода у пациентов с псевдоэкссфолиативной глаукомой. *Альманах клинической медицины* 2015; 36:26-28.
31. Егоров А.В., Городничий В.В., Петров С.Ю. и др. Ранние и отдаленные результаты хирургического лечения глаукомы (результаты многоцентрового исследования стран СНГ). *РМЖ Клиническая офтальмология* 2017; 1:25-34. <https://doi.org/10.21689/2311-7729-2017-1-1-25-34>
32. Егоров В.В., Поступаев А.В. Эффективность микроинвазивной непроникающей глубокой склерэктомии в хирургическом лечении первичной открытоугольной глаукомы в отдаленные сроки. *Национальный журнал глаукома* 2017; 16(4):23-29.
33. Попова Е.В., Фабрикантов О.Л. Отдаленные результаты хирургии глаукомы. *Вестник ВолГМУ* 2018; 4(68):33-35. [https://doi.org/10.19163/1994-9480-2018-4\(68\)-33-35](https://doi.org/10.19163/1994-9480-2018-4(68)-33-35)
34. Гаврилова Т.В., Любимов К.С., Мухамадеева С.Н., Черешнева М.В. Наш опыт использования современных дренажей в хирургии глаукомы. *Российский офтальмологический журнал* 2020; 13(1):71-76. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2020-13-1-71-76>.
16. Bikbov M.M., Babushkin A.E., Khusnitdinov I.I. et al. Dynamics of epidemiological indicators of glaucoma in the Republic of Bashkortostan for the period 2010-2016. *RMJ Clinical Ophthalmology* 2018; 18(4):163-167. <https://doi.org/10.21689/2311-7729-2018-18-4-163-167>
17. Neroev V.V., Kiseleva O.A., Bessmertny A.M. The Main Results of a Multicenter Study of Epidemiological Features of Primary Open-Angle Glaucoma in the Russian Federation. *Russian Ophthalmological Journal* 2013; 6(3):4-7.
18. Neroev V.V. Achievements of ophthalmosurgery in Russian Federation: report at the ophthalmological congress "XIV Russian National Ophthalmological Forum – 2021", 2021. September 22-24; Moscow. <http://avo-portal.ru/images/sobitia/dokladi/droof2021h.pdf> (Date of the application: 21.04.2023).
19. Egorov E.A., Kuroyedov A.V. Clinical and epidemiological characteristics of glaucoma in CIS and Georgia. Results of multicenter open-label retrospective trials (part 2). *RMJ Clinical Ophthalmology* 2012; 13(1):19-22.
20. Nesterov A.P. Glaukoma [Glaucoma]. Moscow: Medinform. agentstvo Publ., 2008. 307 p.
21. Nesterov A.P. Pervichnaya otkrytougol'naya glaukoma: patogenezi i printsipy lecheniya. *RMJ Clinical Ophthalmology* 2000; 1(1):4-6.
22. Ophthalmology. Clinical guidelines. Eds. Moshetova L.K., Nesterov A.P., Egorov E.A. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2006. 255 p.
23. Ophthalmology. Clinical guidelines. Eds. Avetisov S.E., Egorov E.A., Moshetova L.K., Neroev V.V., Takhchidi Kh.P. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2008. 944 p.
24. Elichev V.P., Basinsky S.N., Kuroyedov A.V. Moving on to surgical stage of glaucoma treatment. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma* 2023; 22(1):92-102. <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2023-22-1-92-102>
25. Movsisyan A.B., Kuroedov A.V., Arkharov M.A. et al. Epidemiological analysis primary open-angle glaucoma incidence and prevalence in Russia. *Russian Journal of Clinical Ophthalmology* 2022; 22(1):3-10. <https://doi.org/10.32364/2311-7729-2022-22-1-3-10>.
26. Takhchidi H.P., Ivanov D.I., Bardasov D.B. Remote results of a micro-invasive non-penetrating deep sclerectomy. *Ophthalmosurgery* 2003; 3:14-17.
27. Yerichev V.P., Bessmertny A.M., Chervyakov A.Yu. A new full-thickness fistulizing procedure to improve refractory glaucoma treatment. *RMJ Clinical ophthalmology* 2002; 2:59.
28. Shmyreva V.F., Petrov S.Yu., Malinin D.E. Value of a form and degree of destruction of drainage ways for the forecast of efficiency of the non-perforating antiglaucomatous operations at primary open-angle glaucoma. *Glaucoma* 2010; 3:25-29. (In Russ.)
29. Egorov V.V., Postupaev A.V. Results of long-term observation of patients after surgery for primary open-angle glaucoma. *RMJ Clinical Ophthalmology* 2015; 16(3):136-139. (In Russ.).
30. Datskih E.O., Konovalova O.S., Mal'cev N.G. Analysis of the effectiveness of various methods of surgical treatment and complications of the early postoperative period in patients with pseudoexfoliative glaucoma. *Almanac of Clinical Medicine* 2015; 36:26-28. (In Russ.).
31. Egorov A.V., Gorodnichij V.V., Petrov S.Ju. et al. Early and long-term results of surgical treatment of glaucoma (results of a multicenter study of the CIS countries). *RMJ Clinical Ophthalmology* 2017; 1:25-34. <https://doi.org/10.21689/2311-7729-2017-1-1-25-34>
32. Egorov V.V., Postupaev A.V. Long-term efficiency of the microinvasive nonpenetrating deep sclerectomy in primary open-angle glaucoma surgical Treatment. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma* 2017; 16(4):23-29.
33. Popova E.V., Fabrikantov O.L. The remote outcomes of glaucoma surgery. *Journal of VolgSMU* 2018; 4(68):33-35. [https://doi.org/10.19163/1994-9480-2018-4\(68\)-33-35](https://doi.org/10.19163/1994-9480-2018-4(68)-33-35)
34. Gavrilova T.V., Lyubimov K.S., Mukhamadeeva S.N., Chereshneva M.V. Using of modern types of drainage in glaucoma surgery: our experience. *Russian Ophthalmological Journal* 2020; 13(1):71-76. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2020-13-1-71-76>.

35. Еричев В.П., Абдуллаева Э.Х., Мазурова Ю.В. Частота и характер интра- и ранних послеоперационных осложнений после антиглаукомных операций. *Вестник офтальмологии* 2021; 137(1):54-59. <https://doi.org/10.17116/oftalma202113701154>
36. Иванова Е.С., Зуев В.К., Соколовская Т.В. и др. Непроницающая глубокая склерэктомия с применением митомцина-С. *Офтальмохирургия* 1998; 3:34-40.
37. Лапочкин В.И., Свиринов А.В., Корчуганова Е.А. Антиглаукомная операция — лимбосклерэктомия с клапанным дренированием супрацилиарного пространства. *РМЖ Клиническая офтальмология* 2001; 2:60.
38. Иосин И.Э., Ивачев Е.А. Динамика зрительных функций и внутриглазного давления при модифицированной непроницающей глубокой склерэктомии в лечении первичной открытоугольной глаукомы. *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки* 2016; 3(39):41-52. <https://doi.org/10.21685/2072-3032-2016-3-5>
39. Першин К.Б., Пашинова Н.Ф., Цыганков А.Ю. и др. 15-летний опыт комбинированной хирургии катаракты и глаукомы. *Национальный журнал глаукома* 2017; 16(2):38-46.15.
40. Хуснитдинов И.И., Бабушкин А.Э. Эффективность хирургического лечения глаукомы с применением различных видов дренажа «Глаутекс». *Офтальмология* 2019; 16(1S):91-95. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2019-1S-91-95>
41. Антонова А.В., Николаенко В.П., Бржецкий В.В., Вукс А.Я. Эффективность синустрабекуlectомии в современной клинической практике. *РМЖ Клиническая офтальмология* 2023; 23(1):21-26. <https://doi.org/10.32364/2311-7729-2023-23-1-21-26>
42. Анисимова С.Ю., Анисимов С.И., Рогачева И.В. и др. Новый нерасcасываемый коллагеновый дренаж для повышения эффективности непроницающей глубокой склерлимбэктомии. *Глаукома* 2003; 1:19-23.
43. Мамиконян В.Р., Фисенко Н.В. Хирургическое лечение глаукомы: от классической проникающей хирургии до применения методов тканевой инженерии. *Вестник офтальмологии* 2018; 134(5):111117. <https://doi.org/10.17116/oftalma2018134051111>
44. Мухаммад А.Х., Белова Л.В. Непроницающая глубокая склерэктомия с интрасклеральным коллагендренированием при первичной открытоугольной глаукоме. *Вестник Оренбургского государственного университета* 2005; 5(1):2-5.
45. Мамиконян В.Р., Петров С.Ю., Мазурова Ю.В. и др. Послеоперационное применение ранибизумаба в повышении эффективности синустрабекуlectомии. *Национальный журнал глаукома* 2016; 15(2):61-73.
46. Авдеев Р.В., Александров А.С., Басинский А.С. и др. Клиническое многоцентровое исследование эффективности синустрабекуlectомии. *Национальный журнал глаукома* 2013; 12(2):53-60.
47. Тахчиди Х.П., Иванов Д.И., Катаева З.В., Бардасов Д.Б. Тактика и результаты лечения пациентов с декомпенсацией ВГД после антиглаукомных фильтрующих операций при блокаде путей оттока на склеральном уровне. *Глаукома* 2005; 4(3):42-47
48. Алексеев В.Н., Писецкая С.Ф. О патогенезе цилиохориоидальной отслойки и влияние ее на результаты антиглаукоматозных операций. *Вестник офтальмологии* 1976; 6:18-22.
49. Бабушкин А.Э. Повторные антиглаукоматозные фистулизирующие операции (обзор литературы). *Вестник офтальмологии* 1990; 2:74-78.
50. Федоров С.Н., Козлов В.И., Тимошкина Н.Т. и др. Непроницающая глубокая склерэктомия при открытоугольной глаукоме. *Офтальмохирургия* 1989; 3-4:52-55.
51. Нестеров А.П., Егоров Е.А., Бабушкин А.З., Колесникова Л.Н. О хирургическом лечении больных глаукомой при рубцевании фильтрационной подушки. Физиология и патология ВГД. М: 1990; 98-101.
52. Бакунина Н.А., Федоров А.А., Колесникова Л.Н. Способ уменьшения формирования рубцовой ткани после непроницающей глубокой склерэктомии. *Глаукома* 2009; 1:3-6.
53. Тахчиди Х.П., Иванов Д.И., Бардасов Д.Б. Отдаленные результаты микроинвазивной непроницающей глубокой склерэктомии. *Офтальмохирургия* 2003; 3:14-17.
54. Mermoud A., Schnyder C. Nonpenetration filtering surgery in glaucoma. *Curr Opin Ophthalmol* 2000; 2:1125-1129. <https://doi.org/10.1097/00055735-200004000-00015>
55. Elichev V.P., Abdullaeva E.H., Mazurova Yu.V. Frequency and nature of intraoperative and early postoperative complications after glaucoma surgeries. *Vestnik oftal'mologii* 2021; 137(1):54-59. <https://doi.org/10.17116/oftalma202113701154>
56. Ivanova E.S., Zuev V.K., Sokolovskaya T.V. et al. Nonpenetrating deep sclerectomy with the use of Mitomycin-C. *Ophthalmosurgery* 1998; 3:34-40.
57. Lapochkin V., Svirin A., Korchuganova E. Antiglaucomatous operation – limbosclerectomy with valve drainage of supraciliary space. *RMJ Clinical Ophthalmology* 2001; 2:60.
58. Ioshin I.E., Ivachev E.A. The dynamics of visual functions and intraocular pressure at modified non-penetrating deep sclerectomy in the treatment of primary open-angle glaucomad. University proceedings. Volga region Medical sciences. *Clinical medicine* 2016; 3(39): 41-52. <https://doi.org/10.21685/2072-3032-2016-3-5>
59. Pershin K.B., Pashinova N.F., Tsygankov A.Yu. et al. 15-years of experience of cataract and glaucoma surgery with phacoemulsification combined with non-penetrating deep sclerectomy. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma* 2017; 16(2):38-46.
40. Khusnitdinov I.I., Babushkin A.E. Comparison of the effectiveness of antiglaucomatous surgeries with various GlauTex drainage models. *Ophthalmology in Russia* 2019; 16(1S):91-95. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2019-1S-91-95>
41. Antonova A.V., Nikolaenko V.P., Brzhesky V.V., Vuks A.Ya. The efficacy of sinustrabeculectomy in the modern clinical practice. *RMJ Clinical Ophthalmology* 2023; 23(1):21-26. (in Russ.). <https://doi.org/10.32364/2311-7729-2023-23-1-21-26>
42. Anisimova S.Yu., Anisimov S.I., Rogacheva I.V. et al. New non-absorbed collagen implant increases the efficacy of the non-penetrating deep sclerlimbectomy. *Glaucoma* 2003; 1:19-23.
43. Mamikonian V.R., Fisenko N.V. Glaucoma surgery: from traditional filtration techniques to modern principles of bioengineering. *Vestnik oftal'mologii* 2018; 134(5):111117. <https://doi.org/10.17116/oftalma2018134051111>
44. Muhammad A.H., Belova L.V. Nonpenetrating deep sclerectomy with intrascleral collagen drainage in primary open-angle glaucoma. *Vestnik of the Orenburg State University* 2005; 5(1):2-5.
45. Mamikonyan V.R., Petrov S.Yu., Mazurova Yu.V. et al. Postoperative adjuvant subconjunctival ranibizumab in enhancing trabeculectomy efficacy. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma* 2016; 15(2):61-73.
46. Avdeev R.V., Alexandrov A.S., Basinsky A.S. et al. Clinical multicenter study of trabeculectomy efficacy. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma* 2013; 12(2):53-60.
47. Takhchidi Kh.P., Ivanov D.I., Kataeva Z.V., Bardasov D.B. Approach and results of treatment of patients with high IOP following filtering operations with the blockade of outflow pathways at scleral level. *Glaucoma* 2005; 4(3):42-47.
48. Alekseev V.N., Pisetskaya S.F. On the pathogenesis of choroidal effusion and its impact on results of glaucoma surgery. *Vestnik oftal'mologii* 1976; 6:18-22.
49. Babushkin A.E. Repeated glaucoma surgery (review). *Vestnik oftal'mologii* 1990; 2:74-78. (In Russ.).
50. Fedorov S.N., Kozlov V.I., Timoshkina N.T. et al. Non-penetrating deep sclerectomy at an open angle glaucoma. *Ophthalmosurgery* 1989; 3-4: 2-55.
51. Nesterov A.P., Egorov E.A., Babushkin A.Z., Kolesnikova L.N. On the surgical treatment of patients with glaucoma with scarring of the filtration cushion. Physiology and pathology of IOP. Moscow: 1990; 98-101.
52. Bakunina N.A., Fedorov A.A., Kolesnikova L.N. Method for reducing the formation of scar tissue after non-penetrating deep sclerectomy. *Glaucoma* 2009; 1:3-6.
53. Takhchidi H.P., Ivanov D.I., Bardasov D.B. Remote results of a micro-invasive non-penetrating deep sclerectomy. *Ophthalmosurgery* 2003; 3:14-17.
54. Mermoud A., Schnyder C. Nonpenetration filtering surgery in glaucoma. *Curr Opin Ophthalmol* 2000; 2:1125-1129. <https://doi.org/10.1097/00055735-200004000-00015>

Причины прогрессирования катаракты у пациентов с глаукомой (сообщение 1)

Ивачёв Е.А., к.м.н., доцент¹, заведующий офтальмологическим отделением².

<https://orcid.org/0000-0001-5662-4195>

¹ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», 440026, Российская Федерация, Пенза, ул. Красная 40;

²ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина», 440600, Российская Федерация, Пенза, ул. Урицкого 118.

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

Конфликт интересов: отсутствует.

Для цитирования: Ивачев Е.А. Причины прогрессирования катаракты у пациентов с глаукомой (сообщение 1). Национальный журнал глаукома. 2024; 23(1):88-95.

Резюме

Частота встречаемости сочетания катаракты и глаукомы составляет от 14,6% до 76%, а при наличии псевдоэксфолиативного синдрома — до 85%. Анализ литературы выявил влияние факторов, связанных с глаукомой, на катарактогенез. Ранее проведенная лазерная хирургия или антиглаукомная операция приводят к прогрессированию катаракты у пациентов с глаукомой в 23,3% и 81% случаев, соответственно. Для решения этой проблемы некоторые авторы предлагают проводить комбинированные одномоментные операции по удалению хрусталика с гипотензивным компонентом, при которых и снижается внутриглазное давление, и улучшаются зрительные функции. До 13,7% случаев, связанных с осложнениями хирургии глаукомы, приводят к прогрессированию катаракты. Хирургия катаракты у пациентов

с глаукомой в большинстве случаев проводится при развитой (44,6%–59,8%) и далекозашедшей (18,7%–30,3%) стадиях, что не исключает теории влияния прогрессирования оптиконейропатии на процесс катарактогенеза. Частота встречаемости сочетания катаракты и псевдоэксфолиативной глаукомы достигает 40,5%–90%. За счёт отложения эксфолиативного материала в передних отделах глаза псевдоэксфолиативный синдром ведёт к прогрессированию катаракты с поражением связочного аппарата хрусталика. Наличие подвывиха хрусталика вызывает трудности в момент экстракции катаракты и повышает риск интраоперационных осложнений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: глаукома, катаракта, факоэмульсификация, синустрабекулэктомия, интраокулярная линза, внутриглазное давление.

LITERATURE REVIEW

Causes of cataract progression in glaucoma patients (report 1)

IVACHEV E.A., Cand. Sci. (Med), Associate Professor, Head of Ophthalmology Department^{1,2}.

<https://orcid.org/0000-0001-5662-4195>

¹Penza State University, 40 Krasnaya St, Penza, Russian Federation, 440026;

²Clinical hospital "RZD-Medicine", 118 Uritskogo St., Penza, Russian Federation, 440600.

Funding: the authors received no specific funding for this work.

Conflicts of Interest: none declared.

For citations: Ivachev E.A. Causes of cataract progression in glaucoma patients (report 1).

Natsional'nyi zhurnal glaukoma. 2024; 23(1):88-95.

Для контактов:

Ивачёв Евгений Александрович, e-mail: eivachov1@yandex.ru

Abstract

The incidence of combined cataract and glaucoma ranges from 14.6% to 76%, and increases to 85% in the case of pseudoexfoliation syndrome. Analysis of the literature revealed the influence of factors associated with glaucoma on the process of cataract development. Previously performed laser surgery or glaucoma surgery leads to cataract progression in glaucoma patients in 23.3% and 81% of cases, respectively. To solve this problem, some researchers suggest performing combined one-stage lens removal surgery with a hypotensive component, which reduces intraocular pressure and improves visual function. Up to 13.7% of cases associated with complications of glaucoma surgery lead to cataract progression. Cataract surgery in patients with glaucoma in

most cases is performed at the moderate (44.6–59.8%) and advanced (18.7–30.3%) stages, which does not eliminate the theory of the influence of optic neuropathy progression on the process of cataract development. The incidence of cataract and pseudoexfoliation glaucoma comorbidity can reach 40.5–90%. Pseudoexfoliation syndrome leads to cataract progression with disruption of the suspensory apparatus of the lens due to the deposition of exfoliative material in the anterior segment of the eye. Presence of lens subluxation causes difficulties at the time of cataract extraction and increases the risk of intraoperative complications.

KEYWORDS: glaucoma, cataract, phacoemulsification, trabeculectomy, intraocular lens, intraocular pressure.

Частота встречаемости сочетания катаракты и глаукомы составляет от 14,6% до 76%, а при наличии псевдоэкзофлиативного синдрома (ПЭС) — до 85% [1]. Комбинация данных заболеваний является распространённой и актуальной проблемой в офтальмологии, так как нет определенного алгоритма наблюдения и лечения данных больных. По мнению многих авторов, глаукома является фактором риска развития катаракты. Раннее проведенная антиглаукомная операция (АГО), длительное применение гипотензивных капель, изменение иммунного состава влаги передней камеры, ПЭС, дистрофия тканей глаза при прогрессировании глаукомной оптиконейропатии, флюктуация внутриглазного давления (ВГД) и многие другие причины приводят к катарактогенезу.

Хирургия глаукомы

Многочисленные исследования доказывают, что раннее проведенные лазерные или хирургические гипотензивные операции приводят к прогрессированию катаракты [2].

Профилактическая лазерная иридэктомия (ЛИЭ), проведенная для предотвращения острого приступа закрытоугольной глаукомы, является фактором риска ускоренного катарактогенеза и снижения зрительных функций. Группа китайских ученых в течение года оценивали степень помутнения хрусталика у пациентов после ЛИЭ [3]. Данное наблюдение проводилось с использованием системы классификации помутнения хрусталика LOCS III (The Lens Opacities Classification System III) и фотофиксацией хрусталика при помощи щелевой лампы через 2 недели, 4 и 12 месяцев после ЛИЭ. Прогрессирование помутнения хрусталика определялось как увеличение показателя LOCS III на 2 или более единиц в любой области хрусталика. За 12 месяцев наблюдения у 14 из 60 пациентов (23,3%) отмечено значительное прогрессирование в ядерной, кортикальной и задней субкапсулярной областях

хрусталика. Исследователи пришли к выводу о прогрессировании катаракты после профилактической ЛИЭ, особенно в заднем субкапсулярном сегменте (в 16,7% случаев).

Однако имеется работа, в которой доказано отсутствие влияния ЛИЭ на состояние хрусталика [4]. В исследование вошло 889 пациентов, которым проведена профилактическая ЛИЭ на одном глазу. Спустя 72 месяца в глазах с ЛИЭ прогрессирование катаракты отмечалось в 21,2% случаев, однако, по сравнению с контрольными парными глазами разница была статистически незначимой — в парных глазах прогрессирование было выявлено в 19,4% случаев. Данная работа показывает отсутствие прогрессирования катаракты после профилактической ЛИЭ у пациентов с риском острого приступа закрытоугольной глаукомы.

В большинстве случаев для компенсации повышенного ВГД пациентам с глаукомой выполняются АГО. До 81% АГО сопровождаются прогрессированием катаракты по разным патогенетическим звеньям [5]. Стоит отметить, что катарактогенез у данных больных протекает независимо от вида хирургического вмешательства (проникающего или непроникающего типа).

Гиноян А.А. представил результаты исследования после лазерной экстракции катаракты у больных с глаукомой и осложненной катарактой [6, 7]. На момент хирургии катаракты из 137 пациентов у 38,7% (n=53) ранее была проведена АГО (синустрабекулэктомия (СТЭ) или непроникающая глубокая склерэктомия), давностью от 1 месяца до 4 лет. Также стоит отметить, что в 9,5% (n=13) случаев гипотензивная хирургия была проведена неоднократно. Данная статистика показывает высокий процент антиглаукомной хирургии в анамнезе у пациентов с сочетанной катарактой и глаукомой, что может быть причиной прогрессирования катаракты.

Другое исследование демонстрирует нарушение прозрачности хрусталика после СТЭ у пациентов с глаукомой [8]. В первую группу вошли больные,

которым проведена проникающая АГО, во вторую (контрольную) — пациенты с консервативным гипотензивным лечением. Проводили флюорофотометрию хрусталика в 1 группы до и через 12 месяцев после АГО, во 2 группе — в начале исследования и через 12 месяцев наблюдения. В группе 1 начальная и конечная аутофлуоресценция составила 556,3 и 691,1 нг/мл, начальный и конечный коэффициенты пропускания составили, соответственно, 0,78 и 0,67. Эти же показатели в группе 2 были, соответственно, 574,3 и 595,2 нг/мл и 0,72 и 0,71. Среднее изменение между конечной и начальной аутофлуоресценцией статистически значимо различалось между группами: 134,7 и 20,9 нг/мл, соответственно ($p < 0,001$). Аналогичным образом наблюдалась значительная разница ($p < 0,001$) в изменении коэффициента пропускания между хирургической и контрольной группами — соответственно, -0,11 и 0,02. Таким образом, с помощью флюорофотометрии хрусталика было продемонстрировано, что СТЭ при ПОУГ приводит к потере прозрачности хрусталика.

Другая работа показывает частоту прогрессирования катаракты после СТЭ у молодых пациентов [9]. Данное исследование интересно тем, что контингент молодого возраста не имеет катарактогенеза, связанного с возрастом, тогда как в исследованиях других авторов ведется наблюдение за пожилыми больными, у которых уже имеется старческая катаракта. В работе Adelman R.A. приведена оценка риска формирования катаракты после СТЭ у пациентов с глаукомой в возрасте от 12 до 54 лет. Наблюдение проходило в течение 6 лет, на протяжении которого из 34 случаев в 8 (24%) потребовалась хирургия катаракты. Среднее время от СТЭ до экстракции катаракты составило 26 месяцев (5–58 месяцев). По мнению авторов, необходимость удаления катаракты в 24% случаев после СТЭ является значительным риском, о котором должны знать молодые пациенты, планирующие гипотензивную операцию.

При анализе диссертационной работы и научных статей Закариа Ахмада был выявлен немаловажный факт [10]. Автор провел оценку геморрагических осложнений проникающей хирургии глаукомы у 300 пациентов в течение 3 лет. Гифема наблюдалась в 10,2% случаев при начальной стадии, в 18,6% при развитой и в 26,6% при далекозашедшей. Данное осложнение вызвало прогрессирование катаракты у 20,5% больных. Цилиохориоидальная отслойка возникла у 19,4% пациентов, из которых в 32,7% случаев отмечалось снижение зрительных функций по различным причинам, в том числе из-за прогрессирования катаракты. В данном случае мелкая передняя камера приводила к контакту передней капсулы хрусталика с эндотелием роговицы, что провоцировало помутнение хрусталика. Другие геморрагические осложнения

(гемофтальм, ретинальные кровоизлияния, экспульсивное кровотечение) не отражались на состоянии хрусталика. В заключение из 300 пациентов с геморрагическими осложнениями проникающей хирургии глаукомы у 41 (13,7%) было выявлено снижение зрения по причине прогрессирования катаракты. Это говорит о том, что вследствие гипотензивной операции к катарактогенезу ведут не только перепад ВГД и местное воспаление, но и геморрагические осложнения.

В исследовании Advanced Glaucoma Intervention Study (AGIS) проведена оценка состояния хрусталика 789 глаз у 591 пациента после СТЭ [11]. В течение 5 лет в 78% случаев наблюдалось прогрессирование катаракты. Стоит отметить, что проведенная СТЭ без осложнений снижала риск катарактогенеза до 47%, а при осложнениях — повышала до 104% случаев. Особенно отмечено значительное влияние выраженного воспаления и мелкой передней камеры в послеоперационном периоде.

Таким образом, ранее проведенная лазерная хирургия или АГО проникающего или непроникающего типов приводят к прогрессированию катаракты. Для решения этой проблемы некоторые авторы предлагают проводить комбинированные одномоментные операции по удалению хрусталика с гипотензивным компонентом, при которых и снижается ВГД, и улучшаются зрительные функции [12, 13]. А при закрытоугольной глаукоме рекомендуется проводить факоэмульсификацию с имплантацией интраокулярной линзы на ранних сроках после установления диагноза глаукомы. Данная стратегия позволяет открыть угол передней камеры и предотвратить формирование гониосинехий за счет удаления утолщенного хрусталика [14–17]. Также имеется работа, в которой предлагается первым этапом проводить факоэмульсификацию для восстановления зрения, а после — антиглаукомную операцию [18].

Стадия глаукомы

При анализе зарубежной и отечественной литературы, посвященной хирургии катаракты у пациентов с глаукомой, прослеживается взаимосвязь прогрессирования катаракты по мере развития глаукомной оптиконейропатии.

Оренбуркина О.И. с соавт. сравнила характеристики зрительной функции пациентов, оперированных различными комбинированными АГО в сочетании с факоэмульсификацией [19]. Из 65 больных с начальной стадией глаукомы было 27,7% ($n=18$), с развитой 44,6% ($n=29$) и с далекозашедшей 27,7% ($n=18$). Таким образом, в исследование вошло 72,3% ($n=47$) пациентов с продвинутыми стадиями глаукомы, что, по мнению авторов, явилось объяснением полученных результатов зрительных функций.

Першиным И.Б. с коллегами была проведена комбинированная факоэмульсификация с непроникающей глубокой склерэктомией с аутодренированием капсулой хрусталика у 67 пациентов в 107 глазах [20]. С начальной стадией глаукомы было прооперировано 18 (16,8%) глаз, с развитой — 64 (59,8%), с далекозашедшей — 20 (18,7%) и терминальной — 5 (4,7%). В 48 (44,9%) случаях наблюдался дефект связочного аппарата хрусталика, в результате которого у 4 (3,7%) пациентов потребовалась имплантация капсульного кольца, у 3 (2,8%) — подшивание интраокулярной линзы, у 6 (5,6%) — передняя витрэктомия. Через 15 лет наблюдения данных пациентов максимально корригируемая острота зрения составила $0,59 \pm 0,12$, а прогрессирование глаукомной оптиконейропатии за этот срок было выявлено в 35,5% случаев. Данная работа демонстрирует преимущество продвинутых стадий глаукомы в сочетании с катарактой.

В работе Колесникова А.В. описана факоэмульсификация с имплантацией линзы больным с открыто- и закрытоугольной глаукомой [21]. С открытоугольной глаукомой было 13 (14,6%) пациентов с I стадией развития глаукомы, 49 (55,06%) со II и 27 (30,34%) с III стадией. У больных с закрытоугольной глаукомой — 3 (5,17%) с начальной, 41 (70,69%) с развитой и 14 (24,14%) с далекозашедшей стадиями глаукомы. По результату экстракции катаракты авторы получили интересные данные, которые определили зависимость послеоперационного ВГД от стадии глаукомы. Пациенты с начальной стадией с обеими формами глаукомы имели стабильное ВГД до хирургии и в течение всего послеоперационного периода. При развитой стадии у всех больных, независимо от формы глаукомы, повышение ВГД составило 2–3 мм рт.ст., при далекозашедшей стадии — 3–4 мм рт.ст. Через 1–3 месяца после экстракции катаракты офтальмогипертензия наблюдалась в 9 (11,84%) случаях при открытоугольной глаукоме, среди которых были 4 (5,26%) пациента с развитой и 5 (6,58%) пациентов с далекозашедшей стадиями, и в 8 (15,69%) при закрытоугольной глаукоме, где 3 (5,89%) пациента было со II и 5 (9,8%) с III стадиями.

По данным некоторых авторов, экстракция катаракты у глаукомных пациентов приводит к снижению ВГД [22, 23]. Однако, по мнению других офтальмологов и как было сказано ранее, у больных с развитой и далекозашедшей глаукомой в определенных случаях может не только отсутствовать гипотензивный эффект, но и наблюдаться выраженная гипертензия в раннем послеоперационном периоде [21, 24–27]. У пациентов с продвинутыми стадиями глаукомы это объясняется интенсивностью медикаментозного режима (для достижения давления «цели»), дистрофическими изменениями тканей глаза, а также АГО в анамнезе.

Таким образом, хирургия катаракты у пациентов с глаукомой в большинстве случаев проводится при развитой и далекозашедшей стадиях, что не исключает теории влияния прогрессирования оптиконейропатии на процесс катарактогенеза.

ПЭС

Частота встречаемости сочетания катаракты и псевдоэкзофоллиативной глаукомы (ПЭГ) достигает 40,5%–90% [28–30]. За счет отложения псевдоэкзофоллиаций в переднем отрезке глаза прогрессирует катаракта и ослабевает связочный аппарат хрусталика [31, 32].

В Новосибирском филиале ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Фёдорова» проведен анализ встречаемости ПЭГ среди всех видов глаукомы [33, 34]. Из 7603 случаев у 3981 (60,8%) пациентов в возрасте от 50 до 86 лет выявлена ПЭГ. На момент обращения больных «преглаукома» диагностирована в 1,6% случаев, глаукома начальной стадии — в 12,6%, развитая — в 34,5%, далекозашедшая — в 40,1% и терминальная в 11,2%. Авторами исследования было взято под наблюдение 152 пациента с ПЭГ, из которых 67 (44,1%) больным потребовалась факоэмульсификация, а 52 (34,2%) была выполнена непроникающая глубокая склерэктомия в комбинации с факоэмульсификацией. Таким образом, по результатам данного исследования, более половины общего числа пациентов с глаукомой встречается с псевдоэкзофоллиативной формой, из которых 78,3% случаев сочетаются с катарактой.

У пациентов с сочетанной катарактой и глаукомой в 44,9% случаев встречается ПЭС с дефектом связочного аппарата хрусталика [20]. За счет отсутствия четкого алгоритма тактики хирургии катаракты перед офтальмохирургом встает задача выбора метода экстракции катаракты (факоэмульсификация, экстра- или интракапсулярная экстракция), вопрос интраоперационного применения дополнительных имплантов или инструментов (внутрикапсульного кольца, крючкообразных ирисретракторов, ирис-ретрактора Малюгина), а также метода фиксации интраокулярной линзы [35–38]. В связи с этим хирургическое лечение такого контингента больных часто сопровождается интраоперационными и послеоперационными осложнениями [39, 40].

В работе Малова В.М. с соавт. из 115 пациентов с ПЭС и подвывихом хрусталика в 31 (27%) случае проведена факоэмульсификация [41]. Из этого числа у 15 (48,4%) больных использовалось внутрикапсульное кольцо с интракапсулярной имплантацией интраокулярной линзы, у 7 (22,6%) опорные элементы линзы фиксировались в цилиарной борозде, у 3 (9,7%) пациентов сохранить капсульный мешок не удалось, в результате чего после передней

вitreктомии был имплантирован переднекамерный искусственный хрусталик. У 3 (9,7%) больных во время операции наблюдалось выпадение стекловидного тела в переднюю камеру, у 7 (22,6%) — отек роговицы после операции, у 5 (16,1%) — повышение ВГД. Из 115 пациентов в 38 (33%) случаях была проведена экстракапсулярная экстракция катаракты, в 20 (52,6%) из них имплантирована заднекамерная, а в 18 (47,4%) — переднекамерная интраокулярная линза. Из осложнений у данных больных наблюдалось в 20 (52%) случаях выпадение стекловидного тела, в 7 (18,4%) — послеоперационный отек роговицы, в 1 (2,6%) случае — зрачковый блок, иридоциклит и отслойка сосудистой оболочки. Из 115 оперированных пациентов интракапсулярная экстракция катаракты проведена в 46 (40%) случаях. У 26 (56,5%) больных наблюдалось выпадение стекловидного тела, у 7 (15,2%) — послеоперационный отек роговицы, по 2 (4,3%) случая зрачкового блока и гифемы. Данная работа демонстрирует сложности выбора тактики хирурга и возможные осложнения у пациентов с ПЭС и подвывихом хрусталика.

Влияние ПЭС на прогрессирование катаракты объясняется сложной этиопатогенетической цепочкой [42–45]. При традиционной биомикроскопии проявления начинаются с единичных отложений псевдоэксфолиаций на частично разрушенной зрачковой пигментной кайме радужки. Дальнейшее нарастание дистрофических изменений приводит к тотальному разрушению пигментной каймы и распылению гранул меланина по передней поверхности радужки. На данном этапе прогрессирования ПЭС повышается ригидность зрачка с максимальным медикаментозным мидриазом до 6 мм. Далее наблюдается снижение толщины мезодермального слоя радужки с изменением цвета радужной оболочки до формирования гетерохромии. При флюоресцентной иридоангиографии выявляется гиперфлюоресценция по зрачковому краю радужки, увеличение проницаемости сосудистой стенки и феномен просачивания. Параллельно с изменением радужной оболочки происходит отложение эксфолиативных депозитов на передней капсуле хрусталика в виде оформленного кольца диаметром 5–6 мм. По результатам исследований Юрьевой Т.Н. на приборе Oculus-Pentacam в режиме денситометрии, плотность хрусталика при ПЭС увеличена до $2,6 \pm 1,1$ единиц (от 1 до 4 степени), тогда как на здоровых парных глазах плотность составляла 0–1 степень [46]. На передней поверхности хрусталика были выявлены плотные депозиты эксфолиативного материала высотой 110–250 нм. В проекции этих отложений субкапсулярно просматривались неравномерные гранулярные помутнения. При ультразвуковой биомикроскопии связочного аппарата хрусталика выявлено растяжение зональных связок до 2,2 мм (при норме 0,84–1,44), дефекты

цинновых связок от 36° до 275° , а также отложения зернистых конгломератов на связочном аппарате. Таким образом, при ПЭС происходит нарастание дистрофических изменений радужки, связочного аппарата хрусталика, а также прогрессирование помутнения хрусталика.

На клеточном уровне отложения псевдоэксфолиативного материала объясняется нарушением деятельности нескольких ферментов. Дефект функции фермента лизиноксидазы (LOXL1) приводит к нарушению гомеостаза фибриллярного экстрацеллюлярного матрикса, повреждению эластичной восстановительной ткани за счет снижения количества эластина и тропоэластина [47–49]. Повреждение другого белка — трансформирующего фактора роста 1 (ТФР-1) — приводит к активации специфической эластичной микрофибриллярной сети, что проявляется в отложении псевдоэксфолиативного материала [50]. Нарушение белка кластерина (CLU) ведет к накоплению денатурированных и неправильно свернутых белков во влаге передней камеры, что в дальнейшем влечет к отложению последних на поверхности тканей глаза [51]. Также снижение уровня фибулина-5 (FBLN5) приводит к накоплению неактивной формы лизиноксидазы (LOXL1) с дальнейшим отложением псевдоэксфолиаций [52]. Все эти нарушения ведут к потере эластичности хрусталика с дальнейшим его уплотнением, а также к снижению прочности цинновых связок.

Таким образом, по данным многих исследований, ПЭС ведет к прогрессированию катаракты с поражением связочного аппарата хрусталика. Наличие подвывиха хрусталика вызывает трудности в момент экстракции катаракты и повышает риск интраоперационных осложнений.

Заключение

Проведенный анализ литературы выявил влияние факторов, связанных с глаукомой, на процесс катарактогенеза. Раннее проведенные АГО приводят к прогрессированию катаракты независимо от возраста пациента. Стоит отметить, что на помутнение хрусталика влияет не только хирургические операции проникающего и непроникающего типов, но и профилактическая ЛИЭ. Также имеется зависимость хирургии катаракты от стадии глаукомы, где факоэмульсификация проводится в основном на глазах с продвинутыми стадиями глаукомы, что говорит о взаимном прогрессировании катарактального и глаукомного процессов. Немаловажную роль в развитии катаракты играет ПЭС, в результате которого отложение эксфолиативного материала в передних отделах глаза ведет к помутнению хрусталика и слабости цинновых связок, что, в свою очередь, приводит к повышению риска интраоперационных осложнений.

Литература

- Ивачёв Е.А. Особенности хирургии катаракты и послеоперационного периода у пациентов с глаукомой (сообщение 1). *Национальный журнал глаукома* 2022; 21(3):49-56. <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2022-21-3-49-56>
- Rashmi G.M. The silent enemy: a review of cataract in relation to glaucoma and trabeculectomy surgery. *J Ophthalmol* 2011; 95:1350-1354. <https://doi.org/10.1136/bjo.2010.194811>
- Lim L.S., Husain R., Gazzard G., Seah S.K., Aung T. Cataract progression after prophylactic laser peripheral iridotomy: potential implications for the prevention of glaucoma blindness. *Ophthalmology* 2005; 112(8):1355-1359. <https://doi.org/10.1016/j.opthta.2005.02.026>
- Chang D.S., Jiang Y., Kim J.A., Huang S., Munoz B., Aung T., He M., Foster P.J., Friedman D. Cataract progression after Nd:YAG laser iridotomy in primary angle-closure suspect eyes. *Br J Ophthalmol* 2022; 2:2021-320929. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2021-320929>
- Курмангалиева М.М. Хирургическое лечение глаукомы в сочетании с катарактой. *РМЖ Клиническая офтальмология* 2004; 2:66-68.
- Гиноян А.А. Лазерная экстракция катаракты (Nd:YAG, 1,44 мкм) у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой. *Национальный журнал глаукома* 2020; 4:49-57. <https://doi.org/10.25700/NJG.2020.04.06>
- Гиноян А.А., Копяев С.Ю., Копяева В.Г. Лазерная экстракция катаракты на глазах с открытоугольной глаукомой. *Вестник ОГУ* 2013; 4:63-65.
- Lazaro C., Benitez-del-Castillo J.M., Castillo A., Garcia-Feijoo J. et al. Lens fluorophotometry after trabeculectomy in primary open-angle glaucoma. *J Ophthalmology* 2002; 109(1):76-79. [https://doi.org/10.1016/s0161-6420\(01\)00865-x](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(01)00865-x)
- Adelman R.A., Brauner S.C., Afshari N.A., Grosskreutz C.L. Cataract formation after initial trabeculectomy in young patients. *Ophthalmology* 2003; 110(3):625-629. [https://doi.org/10.1016/S0161-6420\(02\)01769-4](https://doi.org/10.1016/S0161-6420(02)01769-4)
- Алексеев В.Н., Малеванная О.А., Закариа Ахмад Алзауби. Гифема как: осложнение гипотензивных операций. *Офтальмологические ведомости* 2010; 1(3):22-25.
- AGIS (Advanced Glaucoma Intervention Study) Investigators. The Advanced Glaucoma Intervention Study: Risk of cataract formation after trabeculectomy. *Arch. Ophthalmol* 2001; 119(12):1771-1779. <https://doi.org/10.1001/archophth.119.12.1771>
- Басинский А.С., Газизова И.Р., Куроедов А.В., Петров С.Ю. Катаракта и глаукома: как и когда оперировать? *Национальный журнал глаукома* 2019; 18(3):75-80. <https://doi.org/10.25700/NJG.2019.03.09>
- Jiang N., Zhao G.Q., Lin J., Hu L.T., Che C.Y., Wang Q. et al. Meta-analysis of the efficacy and safety of combined surgery in the management of eyes with coexisting cataract and open-angle glaucoma. *Int J Ophthalmol* 2018; 11(2):279-286. <https://doi.org/10.18240/ijo.2018.02.17>
- Курешева Н.И., Шарова Г.А., Некрасова Е.Ю. Обоснование раннего удаления хрусталика в лечении заболевания первичного закрытия угла передней камеры. *Национальный журнал глаукома* 2022; 21(2):51-66. <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2022-21-2-51-66>
- Курешева Н.И., Шарова Г.А. Анатомо-топографические особенности переднего и заднего сегментов глаза при ранних стадиях заболевания первичного закрытия угла. *Национальный журнал глаукома* 2023; 22(1):42-53. <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2023-22-1-42-53>
- Курешева Н.И., Шарова Г.А., Беликова Е.И. Исследование роли хориоидеи и хрусталика в развитии первичного закрытия угла передней камеры. *Национальный журнал глаукома* 2022; 21(1):3-13. <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2022-21-1-3-13>
- Ling J.D., Bell N.P. Role of cataract surgery in the management of glaucoma. *Int Ophthalmol Clin* 2018; 58(3):87-100. <https://doi.org/10.1097/IIO.0000000000000234>
- Nguyen D.Q., Niyadurupola N., Tapp R.J., O'Connell R.A., Coote M.A., Crowston J.G. Effect of phacoemulsification on trabeculectomy function. *Clin Exp Ophthalmol* 2014; 42(5):433-439. <https://doi.org/10.1111/ceo.12254>

References

- Ivachev E.A. Features of cataract surgery and the postoperative period in patients with glaucoma (part 1). *National Journal Glaucoma* 2022; 21(3):49-56. <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2022-21-3-49-56>
- Rashmi G.M. The silent enemy: a review of cataract in relation to glaucoma and trabeculectomy surgery. *J Ophthalmol* 2011; 95:1350-1354. <https://doi.org/10.1136/bjo.2010.194811>
- Lim L.S., Husain R., Gazzard G., Seah S.K., Aung T. Cataract progression after prophylactic laser peripheral iridotomy: potential implications for the prevention of glaucoma blindness. *Ophthalmology* 2005; 112(8):1355-1359. <https://doi.org/10.1016/j.opthta.2005.02.026>
- Chang D.S., Jiang Y., Kim J.A., Huang S., Munoz B., Aung T., He M., Foster P.J., Friedman D. Cataract progression after Nd:YAG laser iridotomy in primary angle-closure suspect eyes. *Br J Ophthalmol* 2022; 2:2021-320929. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2021-320929>
- Kurmangalieva M.M. Surgical treatment of glaucoma in combination with cataract. *RMJ Clinical Ophthalmology* 2004; 2:66-68.
- Ginoyan A.A., Nd:YAG 1.44 μ m laser cataract extraction and intraocular lens implantation in eyes with coexisting primary open-angle glaucoma. *National Journal glaucoma* 2020; 19(4):49-57. <https://doi.org/10.25700/NJG.2020.04.06>
- Ginoyan A.A., Kopayev S.Yu., Kopayeva V.G.. Laser cataract extraction in eyes with open angle glaucoma. *Vestnik OSU* 2013; 153(4):63-65.
- Lazaro C., Benitez-del-Castillo J.M., Castillo A., Garcia-Feijoo J. et al. Lens fluorophotometry after trabeculectomy in primary open-angle glaucoma. *J Ophthalmology* 2002; 109(1):76-79. [https://doi.org/10.1016/s0161-6420\(01\)00865-x](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(01)00865-x)
- Adelman R.A., Brauner S.C., Afshari N.A., Grosskreutz C.L. Cataract formation after initial trabeculectomy in young patients. *Ophthalmology* 2003; 110(3):625-629. [https://doi.org/10.1016/S0161-6420\(02\)01769-4](https://doi.org/10.1016/S0161-6420(02)01769-4)
- Alekseev V.N., Malevannaja O.A., Alzoubi Zakaria Ahmad. Hyphema as a complication of hypotensive glaucoma surgery. *Oftalmologi eskie vedomosti* 2010; 1(3):22-25.
- AGIS (Advanced Glaucoma Intervention Study) Investigators. The Advanced Glaucoma Intervention Study: Risk of cataract formation after trabeculectomy. *Arch. Ophthalmol* 2001; 119(12):1771-1779. <https://doi.org/10.1001/archophth.119.12.1771>
- Basinskiy A.S., Gazizova I.R., Kuroyedov A.V., Petrov S.Yu. Cataract and glaucoma: how&when to operate? *National Journal glaucoma* 2019; 18(3):75-80. <https://doi.org/10.25700/NJG.2019.03.09>
- Jiang N., Zhao G.Q., Lin J., Hu L.T., Che C.Y., Wang Q. et al. Meta-analysis of the efficacy and safety of combined surgery in the management of eyes with coexisting cataract and open-angle glaucoma. *Int J Ophthalmol* 2018; 11(2):279-286. <https://doi.org/10.18240/ijo.2018.02.17>
- Kuryseva N.I., Sharova G.A., Nekrasova E.Y. Rationale for early lens extraction in the treatment of primary angle closure disease. *National Journal glaucoma* 2022; 21(2):51-66. <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2022-21-2-51-66>
- Kuryseva N.I., Sharova G.A. Anatomical and topographical characteristics of the eye in the early stages of primary angle closure disease. *National Journal glaucoma* 2023; 22(1):42-53. <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2023-22-1-42-53>
- Kuryseva N.I., Sharova G.A., Belikova E.I. Studying the role of the choroid and lens in the development of primary anterior chamber angle closure. *National Journal glaucoma* 2022; 21(1):3-13. <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2022-21-1-3-13>
- Ling J.D., Bell N.P. Role of cataract surgery in the management of glaucoma. *Int Ophthalmol Clin* 2018; 58(3):87-100. <https://doi.org/10.1097/IIO.0000000000000234>
- Nguyen D.Q., Niyadurupola N., Tapp R.J., O'Connell R.A., Coote M.A., Crowston J.G. Effect of phacoemulsification on trabeculectomy function. *Clin Exp Ophthalmol* 2014; 42(5):433-439. <https://doi.org/10.1111/ceo.12254>

19. Оренбуркина О.И., Бабушкин А.Э., Исрафилова Г.З., Чайка О.В. Одномоментная хирургия катаракты и глаукомы с использованием модифицированной антиглаукомной операции. Точка зрения. Восток – Запад 2022; 3:17-23.
<https://doi.org/10.25276/2410-1257-2022-3-17-23>
20. Першин К.Б., Пашинова Н.Ф., Цыганков А.Ю., Соловьева Г.М., Баталина Л.В. 15-летний опыт комбинированной хирургии катаракты и глаукомы. Национальный журнал глаукома 2017; 16(2):38-46.
21. Колесников А.В., Бань Е.В., Колесникова М.А., Мироненко Л.В., Прозорова А.И., Севостьянов А.Е. Сравнительный анализ динамики внутриглазного давления после факосмульсификации с имплантацией интраокулярной линзы в глазах с первичной глаукомой. Национальный журнал глаукома 2021; 20(3):49-57.
<https://doi.org/10.25700/2078-4104-2021-20-3-49-57>
22. Masis M., Mineault P.J., Phan E., Lin S.C. The role of phacoemulsification in glaucoma therapy: A systematic review and meta-analysis. *Surv Ophthalmol* 2018; 63(5):700-710.
<https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2017.08.006>
23. Purohit M., Mohite A.A., Sung V.C.T. Glaucoma control after phacoemulsification in eyes with functioning glaucoma filtration surgeries: trabeculectomies versus glaucoma drainage devices. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2022; 260(11):3597-3605.
<https://doi.org/10.1007/s00417-022-05680-z>
24. Bomer T.G., Lagreze W.D.A., Funk J. Intraocular pressure rise after phacoemulsification with posterior chamber lens implantation: effect of prophylactic medication, wound closure, and surgeon experience. *Brit J Ophthalmol* 1995; 79:809-813.
<https://doi.org/10.1136/bjo.79.9.809>
25. Brooks A.M., Gillies W.E. The effect of cataract extraction with implant in glaucomatous eyes. *Aust N Z J Ophthalmol* 1992; 20(3):235-238.
<https://doi.org/10.1111/j.1442-9071.1992.tb00945.x>
26. Derbolaev A. et al. Long-term effect of phacoemulsification on intraocular pressure after trabeculectomy. *J Cataract Refract Surg* 2002; 28(3):425-430.
[https://doi.org/10.1016/s0886-3350\(01\)01189-0](https://doi.org/10.1016/s0886-3350(01)01189-0)
27. Merkur A. et al. Intraocular pressure decrease after phacoemulsification in patients with pseudoexfoliation syndrome. *J Cataract Refract Surg*. 2001; 27(4):528-532.
[https://doi.org/10.1016/s0886-3350\(00\)00753-7](https://doi.org/10.1016/s0886-3350(00)00753-7)
28. Франковска-Герлак М.З., Малукин Б.Э., Чубарь В.С., Бессарабов А.Н. Сравнительная оценка суточных кривых ВГД у пациентов с осложненной катарактой на фоне псевдоэкзофилиативного синдрома до и после факосмульсификации с имплантацией ИОЛ. *Офтальмохирургия* 2020; 3:24-30.
<https://doi.org/10.25276/0235-4160-2020-3-24-30>
29. Gulsum E.E., Semih D. Cataract surgery and possible complications in patients with pseudoexfoliation syndrome. *Eurasian J Med* 2017; 49(1):22-25.
<https://doi.org/10.5152/eurasianjmed.2016.0060>
30. Schlötzer-Schrehardt U.M., Naumann G.O. Ocular and systemic pseudoexfoliation syndrome. *Am J Ophthalmol* 2006; 141: 921-937.
<https://doi.org/10.1016/j.ajo.2006.01.047>
31. Conway R.M., Schlötzer-Schrehardt U., Kuchle M. and Naumann G.O. Pseudoexfoliation syndrome: Pathological manifestations of relevance to intraocular surgery. *Clin Exp Ophthalmol* 2004; 32:199-210.
<https://doi.org/10.1111/j.1442-9071.2004.00806.x>
32. Tekin K., Inanc M., Elgin U. Monitoring and management of the patient with pseudoexfoliation syndrome: Current perspectives. *Clin Ophthalmol* 2019; 13:453-464.
<https://doi.org/10.2147/OPHTH.S181444>
33. Кулешова О.Н., Пичикова Е.А., Лазарева А.К., Айдагулова С.В., Дулидова В.В., Егорова Е.В., Черных В.В. Возможности и оценка эффективности гипотензивной терапии при псевдоэкзофилиативном синдроме. *Вестник офтальмологии* 2017; 133(4):47-54.
<https://doi.org/10.17116/oftalma2017133447-54>
34. Ташлыкova Е.А., Лазарева А.К. Изучение распространенности и структурных особенностей псевдоэкзофилиативной глаукомы. *Современные технологии в офтальмологии* 2021; 2:200-203.
<https://doi.org/10.25276/2312-4911-2021-2-200-203>
35. Иошин И.Э., Толчинская А.И., Дубровская С.А. Бесшовная иридокапсулярная фиксация ИОЛ при подвывихе хрусталика (предварительное сообщение). *Российский офтальмологический журнал* 2019; 12(2):19-25.
<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2019-12-2-19-25>
36. Касимов Э.М., Пирметов М.Н. Особенности техники хирургии осложненной катаракты у пациентов с глаукомой. *Российский офтальмологический журнал* 2018; 11(1):12-15.
<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2018-11-1-12-15>
19. Orenburkina O.I., Babushkin A.E., Israfilova G.Z., Chayka O.V. Combined cataract and glaucoma surgery using modified antiglaucoma surgery. Point of view. East – West 2022; 3:17-23.
<https://doi.org/10.25276/2410-1257-2022-3-17-23>
20. Pershin K.B., Pashinova N.F., Tsygankov A.Yu., Solovyeva G.M., Batalina L.V. 15-years of experience of cataract and glaucoma surgery with phacoemulsification combined with non-penetrating deep sclerectomy. *National Journal Glaucoma* 2017; 16(2):38-46.
21. Kolesnikov A.V., Ban E.V., Kolesnikova M.A., Mironenko L.V., Prozorova A.I., Sevostyanov A.E. Comparative analysis of intraocular pressure dynamics after phacoemulsification with intraocular lens implantation in eyes with primary glaucoma. *National Journal glaucoma* 2021; 20(3):49-57.
<https://doi.org/10.25700/2078-4104-2021-20-3-49-57>
22. Masis M., Mineault P.J., Phan E., Lin S.C. The role of phacoemulsification in glaucoma therapy: A systematic review and meta-analysis. *Surv Ophthalmol* 2018; 63(5):700-710.
<https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2017.08.006>
23. Purohit M., Mohite A.A., Sung V.C.T. Glaucoma control after phacoemulsification in eyes with functioning glaucoma filtration surgeries: trabeculectomies versus glaucoma drainage devices. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2022; 260(11):3597-3605.
<https://doi.org/10.1007/s00417-022-05680-z>
24. Bomer T.G., Lagreze W.D.A., Funk J. Intraocular pressure rise after phacoemulsification with posterior chamber lens implantation: effect of prophylactic medication, wound closure, and surgeon experience. *Brit J Ophthalmol* 1995; 79:809-813.
<https://doi.org/10.1136/bjo.79.9.809>
25. Brooks A.M., Gillies W.E. The effect of cataract extraction with implant in glaucomatous eyes. *Aust N Z J Ophthalmol* 1992; 20(3):235-238.
<https://doi.org/10.1111/j.1442-9071.1992.tb00945.x>
26. Derbolaev A. et al. Long-term effect of phacoemulsification on intraocular pressure after trabeculectomy. *J Cataract Refract Surg* 2002; 28(3):425-430.
[https://doi.org/10.1016/s0886-3350\(01\)01189-0](https://doi.org/10.1016/s0886-3350(01)01189-0)
27. Merkur A. et al. Intraocular pressure decrease after phacoemulsification in patients with pseudoexfoliation syndrome. *J Cataract Refract Surg*. 2001; 27(4):528-532.
[https://doi.org/10.1016/s0886-3350\(00\)00753-7](https://doi.org/10.1016/s0886-3350(00)00753-7)
28. Frankovska-Gierlak M.Z., Malyugin B.E., Chubar V.S., Bessarabov A.N. Comparative assessment of daily curves in patients with cataract associated with pseudoexfoliation syndrome (PEX) before and after phacoemulsification with IOL implantation. *Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery* 2020;3: 24-30.
<https://doi.org/10.25276/0235-4160-2020-3-24-30>
29. Gulsum E.E., Semih D. Cataract surgery and possible complications in patients with pseudoexfoliation syndrome. *Eurasian J Med* 2017; 49(1):22-25.
<https://doi.org/10.5152/eurasianjmed.2016.0060>
30. Schlötzer-Schrehardt U.M., Naumann G.O. Ocular and systemic pseudoexfoliation syndrome. *Am J Ophthalmol* 2006; 141: 921-937.
<https://doi.org/10.1016/j.ajo.2006.01.047>
31. Conway R.M., Schlötzer-Schrehardt U., Kuchle M. and Naumann G.O. Pseudoexfoliation syndrome: Pathological manifestations of relevance to intraocular surgery. *Clin Exp Ophthalmol* 2004; 32:199-210.
<https://doi.org/10.1111/j.1442-9071.2004.00806.x>
32. Tekin K., Inanc M., Elgin U. Monitoring and management of the patient with pseudoexfoliation syndrome: Current perspectives. *Clin Ophthalmol* 2019; 13:453-464.
<https://doi.org/10.2147/OPHTH.S181444>
33. Kuleshova O.N., Pichikova E.A., Lasareva A.K., Aidagulova S.V., Dulidova V.V., Egorova E.V., Chernykh V.V. Multi-level analysis of the prevalence of pseudoexfoliative syndrome and pseudoexfoliative glaucoma. *Vestnik oftalmologii* 2017; 133(4):47-54.
<https://doi.org/10.17116/oftalma2017133447-54>
34. Tashlykova E.A., Lazareva A.K. Study of the prevalence and the structural features of pseudoexfoliative glaucoma. *Modern technologies in ophthalmology* 2021; 2:200-203.
<https://doi.org/10.25276/2312-4911-2021-2-200-203>
35. Ioshin I.E., Tolchinskaya A.I., Dubrovskaya S.A. Seamless iridocapsular fixation of IOL in patients with lens subluxation (preliminary report). *Russian ophthalmological journal* 2019; 12(2):19-25.
<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2019-12-2-19-25>
36. Kasimov E.M., Pirmetov M.N. Some aspects of complicated cataract surgery technique in patients with glaucoma. *Russian ophthalmological journal* 2018; 11(1):12-15.
<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2018-11-1-12-15>

37. Кумар В., Фролов М.А., Маковецкая И.Е., Божок Е.В. Способ окрашивания передней капсулы хрусталика при узких и ригидных зрачках. *Офтальмология* 2012; 9(4):39-42. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2012-4-39-42>.
38. Fontana L., Coassin M., Iovieno M., Moramarco A., Cimino L. Cataract surgery in patients with pseudoexfoliation syndrome: current updates. *Clin Ophthalmol* 2017; 31(11):1377-1383. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S142870>
39. Малугин Б.Э., Покровский Д.Ф., Семакина А.С. Клинико-функциональные результаты иридокапсульной фиксации ИОЛ при дефектах связочного аппарата хрусталика. *Офтальмохирургия* 2017; 1:10-15. <https://doi.org/10.25276/0235-4160-2017-1-10-15>.
40. Николашин С.И., Фабрикантов О.Л. Показания к расширению узкого ригидного зрачка при факоэмульсификации катаракты на глаукомных глазах в зависимости от исходного состояния глаза. *Вестник ТГУ* 2014; 19(4):1186-1192.
41. Малов В.М., Ерошевская Е.Б., Малов И.В., Осипова Т.А. «Распространенность псевдоэкзофолиативного синдрома, классификация и результаты хирургического лечения больных при подвывихе хрусталика». *Известия Самарского научного центра Российской академии наук* 2013; 15,3(6):1853-1856.
42. Hicks P.M., Au E., Self W., Haaland B., Feehan M. et al. Pseudoexfoliation and cataract syndrome associated with genetic and epidemiological factors in a Mayan cohort of Guatemala. *Int J Environ Res public health* 2021; 18(14):7231. <https://doi.org/10.3390/ijerph18147231>
43. Mastronikolis S., Pagkalou M., Plotas P., Kagkellaris K., Georgakopoulos C. D.. Emerging roles of oxidative stress in the pathogenesis of pseudoexfoliation syndrome (Review). *Exp Ther Med* 2022; 24(3):602. <https://doi.org/10.3892/etm.2022.11539>
44. Schlötzer-Schrehardt U., Khor C.C.. Pseudoexfoliation syndrome and glaucoma: from genes to disease mechanisms. *Curr Opin Ophthalmol* 2021; 32(2):118-128. <https://doi.org/10.1097/ICU.0000000000000736>
45. Schweitzer C. Pseudoexfoliation syndrome and pseudoexfoliation glaucoma. *J Fr Ophtalmol* 2018; 41(1):78-90. <https://doi.org/10.1016/j.jfo.2017.09.003>
46. Юрьева Т.Н. Закономерности и механизмы формирования билатерального псевдоэкзофолиативного синдрома. *Офтальмохирургия* 2011; 2:74-80.
47. Anastasopoulos E., Founti P., Topouzis F.. Update on pseudoexfoliation syndrome pathogenesis and associations with intraocular pressure, glaucoma and systemic diseases. *Curr Opin Ophthalmol* 2015; 26(2):82-89. <https://doi.org/10.1097/ICU.0000000000000132>
48. Li G., Schmitt H., Johnson W.M., Lee C., Navarro I., Cui J., Fleming T., Gomez- Caraballo M., Elliott M.H., Sherwood J.M., et al: Integral role for lysyl oxidase-like-1 in conventional outflow tissue function and behavior. *FASEB J* 2020; 34:10762-10777. <https://doi.org/10.1096/fj.202000702RR>
49. Schlötzer-Schrehardt U. Molecular pathology of pseudoexfoliation syndrome/glaucoma – new insights from LOXL1 gene associations. *Exp Eye Res* 2009; 88(4):776-785. <https://doi.org/10.1016/j.exer.2008.08.012>
50. Zenkel M., Krysta A., Pasutto F., Juenemann A., Kruse F.E. and Schlötzer-Schrehardt U. Regulation of lysyl oxidase-like 1 (LOXL1) and elastin-related genes by pathogenic factors associated with pseudoexfoliation syndrome. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011; 52:8488-8495. <https://doi.org/10.1167/iovs.11-8361>
51. Doudevski I., Rostagno A., Cowman M., Liebmann J., Ritch R. and Ghiso J. Clusterin and complement activation in exfoliation glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2014; 55:2491-2499. <https://doi.org/10.1167/iovs.13-12941>
52. Padhy B., Kapuganti R.S., Hayat B., Pranija Paramita Mohanty P.P. and Alone D.P. De novo variants in an extracellular matrix protein coding gene, fibulin-5 (FBLN5) are associated with pseudoexfoliation. *Eur J Hum Genet* 2019; 27:1858-1866. <https://doi.org/10.1038/s41431-019-0482-6>
37. Kumar V., Frolov M.A., Makovetskaya I.Y., Bozhok E.V. The method for staining of anterior lens capsule in cases with small and rigid pupils. *Ophthalmology in Russia* 2012;9(4):39-42. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2012-4-39-42>
38. Fontana L., Coassin M., Iovieno M., Moramarco A., Cimino L. Cataract surgery in patients with pseudoexfoliation syndrome: current updates. *Clin Ophthalmol* 2017; 31(11):1377-1383. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S142870>
39. Malyugin B.E., Pokrovskiy D.F., Semakina A.S. Clinical outcomes of the bi-planar intraocular fixation in eyes with severe zonular defects. *Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery* 2017; 1:10-15. <https://doi.org/10.25276/0235-4160-2017-1-10-15>
40. Nikolashin S.I., Fabrikantov O.L. Indications for narrow rigid pupil dilatation in cataract phacoemulsification in glaucomatous eyes depending on initial state of eye. *Vestnik TGU* 2014; 19(4):1186-1192.
41. Malov V.M., Eroshevskaya E.B., Malov I.V., Osipova T.A. Prevalence of pseudo exfoliative syndrome, classification and results of surgical treatment of patients with crystalline lens incomplete dislocation. *Samara Science center of the Russian Academy of Sciences* 2013; 15,3(6):1853-1856.
42. Hicks P.M., Au E., Self W., Haaland B., Feehan M. et al. Pseudoexfoliation and cataract syndrome associated with genetic and epidemiological factors in a Mayan cohort of Guatemala. *Int J Environ Res public health* 2021; 18(14):7231. <https://doi.org/10.3390/ijerph18147231>
43. Mastronikolis S., Pagkalou M., Plotas P., Kagkellaris K., Georgakopoulos C. D.. Emerging roles of oxidative stress in the pathogenesis of pseudoexfoliation syndrome (Review). *Exp Ther Med* 2022; 24(3):602. <https://doi.org/10.3892/etm.2022.11539>
44. Schlötzer-Schrehardt U., Khor C.C.. Pseudoexfoliation syndrome and glaucoma: from genes to disease mechanisms. *Curr Opin Ophthalmol* 2021; 32(2):118-128. <https://doi.org/10.1097/ICU.0000000000000736>
45. Schweitzer C. Pseudoexfoliation syndrome and pseudoexfoliation glaucoma. *J Fr Ophtalmol* 2018; 41(1):78-90. <https://doi.org/10.1016/j.jfo.2017.09.003>
46. Iureva T.N. Regularities and mechanisms of bilateral pseudoexfoliative syndrome formation. *Ophthalmosurgery* 2011; 2:74-80.
47. Anastasopoulos E., Founti P., Topouzis F.. Update on pseudoexfoliation syndrome pathogenesis and associations with intraocular pressure, glaucoma and systemic diseases. *Curr Opin Ophthalmol* 2015; 26(2):82-89. <https://doi.org/10.1097/ICU.0000000000000132>
48. Li G., Schmitt H., Johnson W.M., Lee C., Navarro I., Cui J., Fleming T., Gomez- Caraballo M., Elliott M.H., Sherwood J.M., et al: Integral role for lysyl oxidase-like-1 in conventional outflow tissue function and behavior. *FASEB J* 2020; 34:10762-10777. <https://doi.org/10.1096/fj.202000702RR>
49. Schlötzer-Schrehardt U. Molecular pathology of pseudoexfoliation syndrome/glaucoma – new insights from LOXL1 gene associations. *Exp Eye Res* 2009; 88(4):776-785. <https://doi.org/10.1016/j.exer.2008.08.012>
50. Zenkel M., Krysta A., Pasutto F., Juenemann A., Kruse F.E. and Schlötzer-Schrehardt U. Regulation of lysyl oxidase-like 1 (LOXL1) and elastin-related genes by pathogenic factors associated with pseudoexfoliation syndrome. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011; 52:8488-8495. <https://doi.org/10.1167/iovs.11-8361>
51. Doudevski I., Rostagno A., Cowman M., Liebmann J., Ritch R. and Ghiso J. Clusterin and complement activation in exfoliation glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2014; 55:2491-2499. <https://doi.org/10.1167/iovs.13-12941>
52. Padhy B., Kapuganti R.S., Hayat B., Pranija Paramita Mohanty P.P. and Alone D.P. De novo variants in an extracellular matrix protein coding gene, fibulin-5 (FBLN5) are associated with pseudoexfoliation. *Eur J Hum Genet* 2019; 27:1858-1866. <https://doi.org/10.1038/s41431-019-0482-6>

Клапанная дренажная система Ahmed в хирургии глаукомы

Расческов А.Ю., к.м.н., главный врач¹; <https://orcid.org/0000-0001-6147-5593>

Лоскутов И.А., д.м.н., заведующий кафедрой офтальмологии и оптометрии²,
главный внештатный специалист-офтальмолог³; <https://orcid.org/0000-0003-0057-3338>

Корнеева А.В., к.м.н., врач-офтальмолог⁴. <https://orcid.org/0000-0002-4435-8114>

¹ООО «Глазная хирургия Расческов», 420000, Российская Федерация, Казань, ул. Патриса Лумумбы, 28А;

²ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт имени М.Ф. Владимирского»,
129110, Российская Федерация, Москва, ул. Щепкина, 61/2.

³Министерство здравоохранения Московской области, 143407, Российская Федерация, Московская область,
Красногорск, бульвар Строителей, 1;

⁴Филиал компании с ограниченной ответственностью «Хадасса Медикал Лтд», 121205, Российская Федерация,
Москва, территория ИЦ «Сколково», Большой бульвар, 46, стр. 1.

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

Конфликт интересов: отсутствует.

Для цитирования: Расческов А.Ю., Лоскутов И.А., Корнеева А.В. Клапанная дренажная система Ahmed
в хирургии глаукомы. *Национальный журнал глаукома*. 2024; 23(1):96-111.

Резюме

Глаукома представляет собой значимую медико-социальную проблему. Несмотря на большое разнообразие подходов к лечению глаукомы, подавляющее большинство исследователей полагают, что именно хирургическое лечение остается наиболее эффективным способом нормализации уровня внутриглазного давления и сохранения зрительных функций. Трабекулэктомия и имплантация дренажного устройства являются наиболее часто выполняемыми операциями при глаукоме во всем мире. Хотя трабекулэктомия является «золотым стандартом», в настоящее

время наблюдается увеличение частоты использования дренажных устройств при глаукоме. Клапанная дренажная система (КДС) Ahmed является одним из наиболее широко используемых в мире дренажных устройств при глаукоме. В настоящем литературном обзоре обсуждаются данные наиболее актуальных исследований по результатам имплантации КДС, возможным осложнениям и способам оптимизации этого вида вмешательства в хирургии глаукомы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: глаукома, клапанный дренаж Ахмеда, внутриглазное давление.

Для контактов:

Корнеева Алина Владимировна, e-mail: a.korneeva@skolkovomed.com

LITERATURE REVIEW

Ahmed glaucoma valve implantation in glaucoma surgery

RASCHESKOV A.YU., Cand. Sci. (Med.), Chief Physician¹; <https://orcid.org/0000-0001-6147-5593>

LOSKOUTOV I.A., Dr. Sci. (Med.), Head of the Academic Department of Ophthalmology and Optometry², Chief External Specialist for ophthalmology³; <https://orcid.org/0000-0003-0057-3338>

KORNEEVA A.V., Cand. Sci. (Med.), ophthalmologist⁴. <https://orcid.org/0000-0002-4435-8114>

¹ООО Глазная Хирургия Расческов, 28А Патриса Лумумби Ст., Казань, Российская Федерация, 420000;

²М.Ф. Владимирский Московский региональный научно-исследовательский и клинический институт (МОНКИ), 61/2 Шепкина Ст., Москва, Российская Федерация, 129110;

³Министерство здравоохранения Московской области, 1 Строительный пр., Карснотский, Московская область, Российская Федерация, 143407;

⁴Ветеринарный медицинский центр, 46 блд. 1 Большой блд., Сколковский инновационный центр, Москва, Российская Федерация, 121205.

Funding: the authors received no specific funding for this work.

Conflicts of Interest: none declared.

For citations: Raschekov A.Yu., Loskoutov I.A., Korneeva A.V. Ahmed glaucoma valve implantation in glaucoma surgery. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma*. 2024; 23(1):96-111.

Abstract

Glaucoma is the leading cause of irreversible blindness worldwide. Despite the large variety of treatment methods used in glaucoma, most researchers believe that surgery is the most effective way to normalize the level of intraocular pressure and preserve visual functions. Trabeculectomy and glaucoma drainage implantation are the most commonly performed glaucoma surgeries. Although trabeculectomy is the gold standard, at present

time there is an uptrend in the use of glaucoma drainage devices. Ahmed glaucoma valve (AGV) is one of the most widely used glaucoma drainage devices in the world. This review of literature presents contemporary results of AGV implantation, possible complications and ways of optimizing that technique.

KEYWORDS: glaucoma, Ahmed glaucoma valve, intraocular pressure.

Повышение эффективности лечения глаукомы является одной из наиболее актуальных задач в офтальмологии в связи с высокой медико-социальной значимостью данного заболевания, высоким уровнем распространенности и тяжестью исходов, нередко ведущих к слепоте и инвалидности [1, 2]. Несмотря на разнообразие подходов к лечению глаукомы, подавляющее большинство исследователей полагают, что именно хирургическое лечение остается наиболее эффективным способом нормализации уровня внутриглазного давления (ВГД) и сохранения зрительных функций [1, 3]. В настоящее время трабекулэктомия и имплантация дренажного устройства являются основными хирургическими вмешательствами при глаукоме [1, 3, 4]. Хотя трабекулэктомия до сих пор остается «золотым стандартом» в хирургии глаукомы, она ассоциирована с высоким риском таких ранних послеоперационных осложнений, как гипотония, хориоидальная эффузия, мелкая передняя камера, гифема, а также отсроченных осложнений,

обычно связанных с фильтрационной подушкой, таких как гиперфильтрация, блебит и эндофтальмит [4–6]. На этом фоне ведется постоянный поиск альтернативных вмешательств, которые менее инвазивны и более безопасны, имеют оптимальный гипотензивный эффект и способны улучшить качество жизни пациентов с хронической глаукомой. В алгоритме лечения глаукомы, таким образом, происходит постепенный переход от обычной трабекулэктомии к малоинвазивной хирургии глаукомы (MIGS, microinvasive glaucoma surgery) [5–7]. За последние несколько лет появилось множество разнообразных методик MIGS, которые обеспечивают снижение ВГД с меньшим повреждением тканей по сравнению с традиционной антиглаукомной хирургией. Принципиальным отличием «минимально инвазивных» процедур от традиционных является то, что при них активизируются физиологические пути оттока водянистой влаги, а не формируются новые [8]. Однако, по мнению экспертов, эти операции эффективны только при начальной

и умеренно развитой глаукоме и только при открытом угле передней камеры [9], когда не требуется достижение низкого целевого давления. На основании полученных данных об эффективности вмешательств на трабекуле и супрахориоидальном пространстве такие операции не показаны больным первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ) при уровне ВГД более 30 мм рт.ст. на фоне применения нескольких гипотензивных препаратов. Отдельные процедуры MIGS могут быть эффективны при закрытом угле передней камеры и при вторичной глаукоме, но у таких пациентов могут возникать трудности с визуализацией структур угла передней камеры и, собственно, с имплантацией антиглаукомных устройств, и на настоящий момент они не применяются при рефрактерной глаукоме. По этой причине поиск эффективных методов хирургического лечения глаукомы остается задачей первостепенной важности. Одним из перспективных направлений хирургического лечения глаукомы, позволяющим повысить эффективность антиглаукомных операций, является имплантация трубчатых дренажей. Данный вид вмешательства рассматривается как вариант с меньшим риском неудачи, чем традиционная фильтрующая хирургия для лечения рефрактерных форм глаукомы [10, 11]. В последние годы отмечается тенденция к сокращению числа выполняемых трабекулэктомий, в то время как антиглаукомные дренажные устройства имплантируются все чаще, поскольку показания к данному виду вмешательства расширяются [4, 11–15].

Исследование Tube Versus Trabeculectomy (TVT) представляет собой многоцентровое рандомизированное клиническое исследование, сравнивающее эффективность и безопасность трубчатого дренажа (импланта Baerveldt площадью 350 мм²) и трабекулэктомии с применением митомицина С на глазах с предшествующей операцией. В этом исследовании в течение 5 лет наблюдения было обнаружено, что успех хирургии с трубчатым шунтированием был выше по сравнению с трабекулэктомией и через 5 лет кумулятивная вероятность неудачного исхода составила 29,8% в группе трубчатого шунтирования и 46,9% в группе трабекулэктомии [16]. Исследование Primary Tube Versus Trabeculectomy (PTVT) — это еще одно многоцентровое рандомизированное клиническое исследование, сравнивающее эффективность и безопасность трубчатого дренажа Baerveldt и трабекулэктомии с применением митомицина С на глазах без предшествующей глазной хирургии. Результаты исследования были представлены через 1, 3 и 5 лет наблюдения [17–19]. В этом исследовании было обнаружено, что частота неудачного исхода выше при трубчатом шунтировании, однако, разница была статистически значимой только через один год, но не через 3 и 5 лет наблюдения. Ранние послеоперационные

осложнения чаще возникали после трабекулэктомии. Частота серьезных осложнений, приводящих к потере зрения или требующих повторной операции, была ниже после операции трубчатого шунтирования по сравнению с трабекулэктомией через год наблюдения.

В настоящее время все более широкое применение в офтальмологической практике находит разработанная в 1993 году клапанная дренажная система (КДС) Ahmed, имплантация которой, по данным многочисленных исследований, характеризуется высокой эффективностью, низкой частотой осложнений и дает уверенную возможность сохранения компенсации ВГД до 80–100% случаев на первом году послеоперационного наблюдения [20–23]. Традиционно вопрос об имплантации КДС при глаукоме рассматривался, когда предыдущая трабекулэктомия оказывалась безуспешной, а также при обширном рубцевании конъюнктивы в результате предшествующего вмешательства, или при низкой ожидаемой эффективности трабекулэктомии вследствие рефрактерной глаукомы [24–28]. Однако, основываясь на результаты проведенных за последние годы исследований, имплантация КДС рассматривается не только как резервное вмешательство при неудачной трабекулэктомии. Недавно было продемонстрировано, что её имплантация эффективна и безопасна и в качестве первичного хирургического вмешательства [3, 29].

Установленными производителем показаниями к имплантации КДС Ahmed являются: рефрактерная глаукома, когда предыдущее хирургическое лечение (в том числе с применением антиметаболитов) было безуспешным; неоваскулярная глаукома; рефрактерная к медикаментозной терапии начальная и развитая открытоугольная глаукома; врожденная глаукома, глаукома при синдроме Стержа-Вебера и других ангиоматозах; другие виды вторичной глаукомы; рефрактерная (многократно оперированная) глаукома, в том числе афакическая и увеальная глаукома; закрытоугольная глаукома; глаукома, вызванная кератопротезированием, сквозной кератопластикой; травматическая глаукома, в том числе травматическая абсолютно болящая глаукома на единственном глазу; глаукома при иридокорнеальном эндотелиальном синдроме, аниридии; комбинированное с факэмульсификацией гипотензивное вмешательство; органическая блокада угла передней камеры при артифакции; уровень ВГД от 30 мм рт.ст. и выше; абсолютная глаукома с органосохранной целью. Имплантация клапана допустима при любом уровне ВГД в любом возрасте. Противопоказаниями для имплантации являются бактериальный конъюнктивит, бактериальные язвы роговицы, эндофтальмит, орбитальный целлюлит, активный склерит, бактериемия и септицемия [30]. Следует отметить, что многие авторы связывают избыточное рубцевание при рефрактерной

глаукоме с иммунной недостаточностью [31], являющейся негативным фоном, на котором развивается реактивное воспаление с пролиферативными процессами в зоне операции. Полученные в результате ряда исследований данные указывают на необходимость включить в группу риска избыточного рубцевания не только лиц молодого возраста и повторно оперированных больных, как это традиционно принято в хирургии глаукомы, но и всех пациентов с иммунной недостаточностью [32]. Таким образом, наличие иммунодефицитного состояния у пациента с глаукомой рассматривается как показание к имплантации КДС.

Рассматриваемое устройство является на сегодняшний день наиболее совершенной КДС. Практические результаты исследований показывают, что КДС функционирует скорее как «уменьшитель» потока, а не истинный клапан, который должен открываться и закрываться в зависимости от давления. Открывшись первоначально при ВГД 8–20 мм рт.ст., клапан продолжает функционировать до прекращения потока жидкости [4, 33]. Таким образом, имплантации КДС сопутствует меньший риск ранней послеоперационной гипотонии, хориоидальной эффузии и супрахориоидального кровоизлияния по сравнению с имплантатами Baerveldt или Molteno, которые представляют собой неклапанные шунты без ограничителей оттока [4]. Christakis с соавт. [34] определили эффективность трубчатых дренажей Ahmed и Baerveldt, используя объединенные данные рандомизированных клинических исследований ABC (Ahmed Baerveldt Comparison) [35–37] и AVB (Ahmed Versus Baerveldt) [38–40]. Они обнаружили, что оба устройства эффективны в снижении ВГД, однако, для импланта Baerveldt характерна более низкая частота неудачного исхода и повторных вмешательств и более низкое ВГД при меньшем количестве лекарств через 5 лет, но был более высокий риск гипотонии.

Сообщается, что показатель успеха имплантации КДС сильно варьирует — от 9% до 98,3% — в зависимости от сроков наблюдения и видов глаукомы [4, 26, 41–45]. Coleman с соавт. сообщили об уровне успеха 78% через 1 год [26]. Torouzis и соавт. докладывали о кумулятивной вероятности успеха через 1, 2, 3 и 4 года как 87%, 82%, 76% и 76%, соответственно [43]. Yalvac и соавт. [42] оценили результаты имплантации КДС при неоваскулярной глаукоме и сообщили о частоте успеха в 63,2% через 1 год, 56,1% через 2 года, 43,2% через 3 года, 37,8% через 4 года и 25,2% через 5 лет. В исследовании Siempis (2023) сообщается об общем уровне успеха в 65,2% при пятилетнем периоде наблюдения [46], а в исследовании Xie и соавт. (2019) уровень успеха составил 66,7% в течение 12 месяцев наблюдения [47]. Netland с соавт. (2009) сообщали об успешном хирургическом вмешательстве в течение 1 года в 73,1%

случаев [48]. Исследования показали, что вероятность успеха была выше на глазах с более гибкой силиконовой моделью КДС по сравнению с полипропиленовой [44, 45]. Так, Ishida и соавт. в исследовании 132 глаз, показатели успеха силиконовой и полипропиленовой моделей составили 94,2% и 83,2% через 12 месяцев и 82,4% и 56,7% через 24 месяца, соответственно, когда критерии успеха были определены как ВГД ≥ 6 мм рт.ст. и ≤ 21 мм рт.ст. [44] В другом исследовании Hinkle с соавт. ретроспективно сравнили результаты имплантации КДС с силиконовой и полипропиленовой моделями. Через 12 месяцев показатель успеха был выше в группе силиконовой модели по сравнению с полипропиленовой (96% и 81%, соответственно) [45].

Bowden и соавт. оценили факторы риска, связанные с неэффективностью операции трубчатого шунтирования, используя объединенные данные исследований ABC, AVB и TVT. Они обнаружили, что более низкое предоперационное ВГД, неоваскулярная глаукома, имплантация КДС и более молодой возраст были предикторами неудачи [49]. Souza и соавт. оценили отдаленные результаты имплантации КДС на 78 глазах. В их исследовании было обнаружено, что успех имплантации составляет 80% через 1 год и 49% через 5 лет. Они заявили, что предшествующая операция по поводу глаукомы была значительным фактором риска неудачного исхода [50].

Следует отметить, что несмотря на огромное количество исследований, посвященных анализу эффективности имплантации КДС за прошлые десятилетия, существует не так много рандомизированных контролируемых исследований (РКИ), по которым возможно провести метаанализ. Метааналитическое сравнение послеоперационных результатов имплантации КДС и оценки риска осложнений затруднены несоответствием анализируемых исследований критериям сравнения, разнородностью анализируемых групп, отсутствием стандартизированных подходов и малым количеством РКИ, которые бы обеспечили более высокое качество фактических данных. Однако представляет интерес проведенный Ramji и соавт. (2023) метаанализ 14 РКИ по хирургическому лечению неоваскулярной глаукомы, в котором подчеркивается значительная неоднородность в методах её лечения, которая, по мнению авторов, указывает на отсутствие на сегодняшний день установленного оптимального выбора медикаментозных и хирургических методов, а также процессов стратификации пациентов по риску [51]. Тем не менее, результаты исследований показывают, что комбинация анти-VEGF и шунтирующих операций имеют преимущества перед трабекулэктомией. В одном из вошедших в метаанализ исследований показатель полного успеха в группе КДС составил 64% против 77,8%,

а общий показатель успеха — 76% против 77,8% [52]. Определением полного успеха в этом исследовании было ВГД <21 мм рт.ст. и >6 мм рт.ст. при использовании менее 2 гипотензивных препаратов; критерий общий успех был таким же, но с любым количеством препаратов, снижающих ВГД. В этом же исследовании авторы сравнивали эффективность имплантации КДС в отсутствие и с применением триамцинолона ацетата в послеоперационном периоде и отмечали достоверно более низкое среднее ВГД через 1 месяц после операции. Несмотря на различия в показателях успеха в зависимости от типа глаукомы, имплантация КДС продемонстрировала кумулятивный показатель хирургического успеха более 50% в течение 60 месяцев наблюдения для большинства типов рефрактерной глаукомы [53]. Из общего количества осложнений потеря световосприятия наблюдалась в 4% случаев, фтизис глазного яблока — в 4%, декомпенсации роговицы — в 4%, гифема — в 22%, гипотония — в 22%, серозная отслойка хориоидеи — в 11%, гемофтальм — в 11% и непроходимость дренажной трубки — в 7% случаев [53]. Следует отметить, что данные по осложнениям во включенных в метаанализ исследованиях группы КДС показывают их разнородность и значительно разнятся по частоте [51]. В то же время систематические сравнительные обзоры адьювантного применения ингибиторов ангиогенеза после имплантации КДС показывают, что операция имплантации с интравитреальным введением ингибиторов ангиогенеза (ИВВИА) ассоциирована с сопоставимым гипотензивным эффектом без ИВВИА, но с меньшей частотой таких осложнений, как гифема, гемофтальм и гипотония [54]. В долгосрочном периоде в 18 месяцев отмечается достоверно меньшее количество применяемых препаратов при сочетании имплантации КДС, панретинальной лазеркоагуляции и ИВВИА [55]. В то же время в исследовании Чоу и соавт. показатель полного успеха при адьювантном применении ингибиторов ангиогенеза был выше, а количество применяемых гипотензивных препаратов не отличалось в группах с и без ИВВИА [56]. В целом, по результатам целого ряда исследований, применение ингибиторов ангиогенеза при неоваскулярной глаукоме значительно улучшает долгосрочный эффект операции и прогноз по зрительным функциям [54–58] и ассоциируется с меньшей частотой таких осложнений, как гифема, гемофтальм, обнажение и окклюзия трубки и фиброзная инкапсуляция пластины [57] и более высоким процентом хирургического успеха [54, 59]. Снижение риска возникновения гифемы является важным, потому как было показано, что она является фактором риска избыточного рубцевания, приводящего к неэффективности вмешательства [60]. В исследовании Дмитриевой А. Л. и соавт. (2022) предшествующее имплантации КДС за 4–14 суток ИВВИА (ранибизумаб)

приводило не только к уменьшению частоты развития гифемы, но и обеспечивало лучший функциональный результат: повышение корригированной остроты зрения на 34% (за счет купирования макулярного отека) и стабилизация исходно повышенного ВГД в 100% случаев в течение трёхмесячного периода наблюдения [61].

Lin P. и соавт. (2022) был проведен сравнительный сетевой метаанализ краткосрочной эффективности и безопасности хирургического лечения неоваскулярной глаукомы, проведенный на основании 23 исследований с участием 1303 пациентов [57]. По сравнению с традиционным попарным метаанализом, он позволяет объединить данные, относящиеся к нескольким методам лечения, сравнить вмешательства на основе косвенной информации и составить рейтинг групп лечения в соответствии с эффективностью вмешательств. В данном исследовании проводился сравнительный анализ эффективности и безопасности шести широко используемых методов лечения НГ: КДС, КДС в сочетании с ИВВИА, циклофотокоагуляция (ЦФК), циклокриотерапия (ЦКТ), трабекулэктомия с митомичином С (ММС) и трабекулэктомия с ММС и ИВВИА. По эффективности как наилучшего вмешательства виды хирургического лечения были ранжированы следующим образом: трабекулэктомия (ММС)+ИВВИА (показатель успеха 88,1), ЦФК (показатель успеха 81,9), КДС+ИВВИА (показатель успеха 92,7). Таким образом, показатель успеха среди рассматриваемых вмешательств в группе с КДС был максимальным. Также были подробно описаны нежелательные явления, частота возникновения которых при различных вмешательствах представлена в *таблице*.

В настоящее время признается, что КДС при тяжелых формах глаукомы является операцией выбора, дающей намного более обнадеживающие результаты в сравнении с традиционными методами [26, 46, 62]. По данным литературы, стабилизация уровня офтальмотонуса после имплантации КДС приводит не только к сохранению глазного яблока, но и к избавлению пациента от мучительных болей и понижению ВГД до «давления цели». По данным Чупрова и соавт., (2022) клапанная система Ahmed создает стабильный гипотензивный эффект при неоваскулярной глаукоме в 82,3% случаев в сроки наблюдения в течение 1 года после операции, приостанавливает прогрессирование глаукомного процесса, устраняет дискомфорт и болевые ощущения у пациентов [62].

Таким образом, опыт последних десятилетий показывает, что КДС является наиболее оптимальным хирургическим вмешательством при рефрактерной глаукоме, однако, дальнейшее совершенствование техники имплантации позволит повысить безопасность данного вида вмешательства. При этом для создания оттока из передней камеры

Таблица. Частота возникновения осложнений после различных методов хирургического лечения НГ по данным сетевого метаанализа Lin P. и соавт. (2022) [57].

Table. The incidence of complications after various methods of surgical treatment of neovascular glaucoma according to a network meta-analysis by Lin P. et al. (2022) [57].

	КДС (213 глаз) AGV (n=213 eyes)	КДС+ИБВИА (269 глаз) AGV+IVAV (n=269 eyes)	ЦФК (33 глаза) CPC (n=33 eyes)	ЦКТ (53 глаза) CCT (n=53 eyes)	ТЭ (ММС) (182 глаза) Trab (ММС) (n=182 eyes)	ТЭ (ММС)+ИБВИА (278 глаз) Trab (ММС)+IVAV (n=278 eyes)
Отек роговицы Corneal edema	20 (9,4%)	5 (1,9%)	14 (42,4%)	31 (58,5%)	3 (1,6%)	–
Гифема / Hyphema	70 (32,9%)	38 (14,1%)	8 (24,2%)	13 (24,5%)	67 (36,8%)	29 (10,4%)
Гипотония Low intraocular pressure	16 (7,5%)	24 (8,9%)	3 (9,1%)	–	7 (3,8%)	17 (6,1%)
Мелкая передняя камера Shallow anterior chamber	20 (9,4%)	42 (15,6%)	–	–	10 (5,5%)	11 (4,0%)
Гемофтальм Intraocular hemorrhage	6 (2,8%)	1 (0,4%)	–	–	10 (5,5%)	7 (2,5%)
ОСО / Choroidal detachment	12 (5,6%)	10 (3,7%)	–	–	18 (9,9%)	21 (7,6%)
Отслойка сетчатки Retinal detachment	2 (0,9%)	–	–	–	–	–
Прорезывание трубки Tube exposure	11 (5,2%)	12 (4,5%)	–	–	–	–
Окклюзия просвета трубки Tube occlusion	12 (5,6%)	5 (1,9%)	–	–	–	–
Инкапсулированная пластина Encapsulated plate	19 (8,9%)	12 (4,5%)	–	–	–	–
Фтизис глазного яблока Phthisis bulbi	6 (2,8%)	–	–	–	2 (1,1%)	–
Просачивание ФП Filtration bleb leak	–	2 (0,7%)	–	–	6 (3,3%)	6 (2,2%)
Воспаление переднего отрезка / Anterior segment inflammation	19 (8,9%)	20 (7,4%)	11 (33,3%)	16 (30,2%)	–	1 (0,4%)
Боли в глазу / Ocular pain	8 (3,8%)	2 (0,7%)	18 (54,5%)	36 (67,9%)	5 (2,7%)	2 (0,7%)
Субатрофия глазного яблока / Ocular subatrophy	–	–	2 (6,1%)	–	1 (0,5%)	–

Примечание: ОСО — отслойка сосудистой оболочки, ФП — фильтрационная подушка, ТЭ — трабекулэктомия,

Note: IVAV — intravitreal anti-VEGF; CPC — cyclophotocoagulation; CCT — cyclocryotherapy; Trab(ММС) — trabeculectomy with mitomycin C.

важным представляется не наличие ходов в дренаже, а наличие клапанного устройства. Следует отметить, что применение КДС не дает стопроцентной гарантии адекватного течения репаративных процессов, однако сводит к минимуму неудачный исход, обусловленный избыточным рубцеванием. Это связано с экстраокулярностью вмешательства, переводом зоны хирургической агрессии от лимба к экватору, в субтенозовое пространство. Таким образом, обеспечивается более высокий процент нормализации ВГД и стабилизации зрительных

функций. Несмотря на возможные осложнения, связанные с имплантацией дренажей, данный вид операций постепенно занимает лидирующее место в лечении рефрактерной глаукомы благодаря возможности достижения долговременного стабильного гипотензивного эффекта и хорошей переносимости имплантатов в большинстве случаев. За счет уменьшения эксцизионной травмы тканей глаза и глазной декомпрессии после имплантации КДС не нарушается морфофункциональная стабильность цилиарного тела, что обеспечивает сохранность



Рисунок. Модели клапана Ahmed с переходным элементом для фиксации трубки в плоской части цилиарного тела.

Figure. Ahmed glaucoma valve models with an adapter for pars plana tube insertion.

его влагопродуцирующей функции. Благодаря этому формируется адекватный гидродинамический тонус для предупреждения вторичной адгезии хирургически сформированных путей. Своевременное обновление жидкости в передней камере приводит к тому, что в ней не происходит накопления продуктов перекисного окисления липидов, обладающих цитотоксическим действием. Это способствует сохранению трабекулярного аппарата и блокаде развивающегося при рефрактерной глаукоме порочного круга. Таким образом, применение КДС может оказывать специфическое и патогенетическое воздействие на звенья патологического процесса. КДС позволяет синхронно работать с тканями глаза, вступив с ними в тесное взаимодействие. КДС на настоящий момент является оптимальным эксплантодренажем, сочетает в себе свойства достаточно хорошей проводимости влаги, а также исключает быструю и грубую инкапсуляцию дренажа. Кроме того, технология имплантации КДС является реверсной, т.е. допускает возможность эксплантации без необратимого повреждения структур глаза. Минимальный по травматичности для внутриглазных структур объем хирургического вмешательства обеспечивает достаточно высокую эффективность операции. Микроинвазивная техника позволяет максимально избежать повреждения ткани в зоне фильтрации и существенно снизить объем рубцевания. При необходимости выполнения повторных операций у хирурга остается возможность для его проведения на неизмененных тканях, что повышает эффективность повторных вмешательств. КДС является операцией первого выбора при необходимости достижения быстрого выраженного гипотензивного эффекта у пациентов с глаукомой [63]. Кроме того, она экономически выгодна в долгосрочной перспективе. Это некоторые из основных причин, по которым частота имплантации клапана Ахмед увеличилась более чем на 300% за последние несколько лет [63].

В то же время наличие большого числа способов повышения эффективности антиглаукомной операции по имплантации КДС Ahmed свидетельствует об отсутствии полного удовлетворения хирургов

результатами операций по традиционной методике и стремлении добиться более пролонгированного гипотензивного эффекта с минимальным риском осложнений. Таким образом, предлагаемые различными авторами многочисленные методики усовершенствования можно разделить по группам в зависимости от осложнений, на устранение которых направлены те или иные модификации.

В частности, с целью профилактики риска корнеальной декомпенсации, связанной с потерей эндотелиальных клеток роговицы, было предложено введение трубки дренажа не в переднюю камеру, а в цилиарную борозду с выводом просвета трубки в заднюю камеру [4, 65–69]. Теоретической предпосылкой для размещения трубки дренажа в заднюю камеру стали данные о повреждающем влиянии дренажной трубки на эндотелий роговицы с последующим развитием декомпенсации роговицы и отторжением роговичного трансплантата, особенно на глазах с узкой передней камерой, из-за тенденции к смещению трубки к роговице с течением времени [70], а также по время протирания и движениях глаз, моргании [71]. Сообщалось о снижении количества эндотелиальных клеток на 20% через 2 года после имплантации трубки в переднюю камеру [72]. Помещая трубку в цилиарную борозду, конец трубки находится вдали от роговицы, предотвращается ее касание [73]. Для этой цели существуют специальные крепления (рисунок), которые доступны как отдельно, так и в соединении с пластиной клапана. С учетом того, что имплантируемые при глаукоме трубки вводятся в заднюю камеру глаза под острым углом и имеют тенденцию к изгибанию, модель РС с креплением в плоской части цилиарного тела в центре имеет переходный элемент для направления трубки через *pars plana*.

По мнению ряда авторов, установка трубки КДС в цилиарную борозду в настоящее время является полезным изобретением, поскольку при данном методе с меньшей вероятностью возникает потеря эндотелиальных клеток роговицы, чем при введении трубки в переднюю камеру [33, 74] при высоком гипотензивном эффекте с уровнем успеха в 78% [75], 78,6% [76] и 85,3% случаев [66]. В исследованиях, посвященных имплантации трубки КДС в цилиарную борозду, сообщалось о ряде серьезных осложнений со стороны заднего сегмента. В частности, сообщалось о развитии цилиохориоидальной отслойки в 8,7% случаев [76], и в одном случае все же отмечалось развитие корнеальной декомпенсации [77]. Кроме того, при введении трубки в цилиарную борозду возникают технические затруднения ввиду низкой её жесткости, что может приводить к отклонению трубки в витреальную полость [78]. В литературе опубликованы техники, позволяющие преодолеть описанные сложности, но самими авторами отмечается сложность и ненадежность

некоторых из них, а также высокая стоимость используемых материалов [65, 79–81]. Moreno-Montañés J и соавт. (2008) сообщалось о технике введения в цилиарную борозду с использованием нейлоновой нити 10–0 с прямой иглой для создания скользящего узла [81]. Nitta K и соавт. (2023) была предложена более простая и удобная техника фиксации трубки дренажа с использованием недорогой нейлоновой нити 4–0 в качестве направляющей [67].

Обнажение трубки или пластины и эрозия конъюнктивы после имплантации трубчатых дренажей регистрируется у взрослых в 2–7% случаев [16, 47, 48, 82] и служит очагом инфекции и фактором риска развития эндофтальмита. Данное осложнение обычно возникает в раннем послеоперационном периоде (в течение 1 года). Для предотвращения этих осложнений используют накладные трансплантаты, в том числе донорскую склеру человека [83–87], широкую фасцию [88], твердую мозговую оболочку [89], перикард [87, 90], роговицу [91], аутологичные склеральные лоскуты [47, 92] и формируют аутологичные склеральные тоннели [92, 93], которыми покрывается наружная часть трубки. Однако ввиду нежной структуры часто воспаленной и рубцово измененной прилегающей к трубке ткани, размещение трансплантата поверх трубки и закрытие конъюнктивы над ним требует хирургического опыта и навыков, особенно при использовании донорского трансплантата. Более того, даже при применении этих заплат, после операции может наблюдаться обнажение трубки дренажа с эрозированием конъюнктивы. В дополнение ко всему вышеперечисленному могут возникать трудности с поставками донорского материала. Ozdamar с соавт. (2003) впервые была продемонстрирована безопасность аутологичного склерального тоннеля при имплантации КДС с выходом трубки в переднюю камеру без использования донорских заплат [94]; впоследствии другие авторы также сообщили о безопасности аутологичного склерального лоскута и тоннеля при данной операции [92, 93, 95]. С целью предотвращения обнажения трубки и эрозии конъюнктивы MaKi H. и соавт. (2021) была предложена уникальная техника формирования аутологичного склерального кармана с введением трубки в полость стекловидного тела. Авторы проанализировали результаты её применения у 15 пациентов с неоваскулярной глаукомой, которая является одним из репрезентативных типов рефрактерной глаукомы, и заявили об эффективности и безопасности данной методики у пациентов с неоваскулярной глаукомой без таких осложнений, как обнажение трубки, эрозия конъюнктивы и потеря эндотелиальных клеток спустя год после операции [96].

В зарубежной литературе акцентируется внимание на то, что при помещении трубки в плоскую часть цилиарного тела послеоперационная потеря

эндотелиальных клеток роговицы значительно снижается по сравнению с размещением в передней камере [97]. Однако сообщается о риске таких осложнений, как послеоперационные гемофтальм и отслоение сетчатки [82, 97], которые могут потребовать выполнения витрэктомии. В случае размещения трубки в стекловидном теле при возникновении гемофтальма может возникнуть необходимость в тотальной периферической витрэктомии для предотвращения закупорки дренажной трубки. Тем не менее, рядом авторов подчеркивается, что, хотя описанные модификации с введением трубки в плоскую часть и витреальную полость позволяют сохранить плотность эндотелиальных клеток роговицы, вероятность возникновения тяжелых осложнений заставляет обдуманно подходить к такому расположению трубки [74, 98]. Однако вне зависимости от локализации трубки её покрытие заплатой позволяет существенным образом снизить риск таких осложнений, как эрозия конъюнктивы и прорезывание трубки. На настоящий момент нет четких рекомендаций, каким именно образом оптимально покрывать трубку, однако, подчеркивается преимущество использования аутологичного склерального тоннеля [86, 90, 96], риск возникновения описанных осложнений при котором значительно снижается [90, 92], с рекомендацией максимально сохранить кровоснабжение формируемого склерального лоскута.

В литературе имеются данные, свидетельствующие о соединительнотканном капсулировании имплантов и дренажей вследствие локального воспалительного процесса [4, 99, 100], которое может повысить сопротивление оттоку жидкости и привести к снижению эффективности их применения. В связи с этим следующим важным направлением усовершенствования техники имплантации КДС является снижение риска чрезмерной инкапсуляции фильтрационной подушки и борьба с избыточным рубцеванием. По данным литературы, гипертензивная фаза с рецидивирующим повышением ВГД спустя 3–6 недель после операции при имплантации КДС наблюдается чаще (от 30% до 82%), чем при бесклапанных шунтах, таких как имплантаты Baerveldt или Molteno (от 20% до 44%) [44, 72, 75, 101, 102]. При неудачном исходе имплантации КДС вследствие фиброзной инкапсуляции пластины предлагается выполнение нидлинга с 5-фторурацилом [103], хирургическое иссечение инкапсулированного пузыря [100], реимплантация КДС, ревизия клапана, либо имплантация дополнительной КДС [4, 104]. Было показано, что частота осложнений после выполнения реимплантации КДС была значительно выше, чем при иссечении пузыря [104]. В то же время имплантация второго клапана обеспечивала более выраженный гипотензивный эффект, чем ревизия шунта с одинаковой частотой послеоперационного отека роговицы [104].

Lee S. и соавт. (2019) было предложено иссечение инкапсулированного пузыря с имплантацией био-разлагаемой коллагеновой матрицы, в результате чего отмечалось значительное снижение уровня ВГД до 6 месяцев после операции без возникновения осложнений [105].

Одним из предложенных способов профилактики избыточного рубцевания является покрытие пластины клапана различными материалами. Жаворонковым С. А. и соавт. (2016) предложена модификация техники имплантации КДС с использованием двух лоскутов мембраны из политетрафторэтилена, которыми с двух сторон покрывается пластина клапана. В ходе анализа послеоперационных результатов авторами были отмечены более высокие зрительные функции и более выраженный гипотензивный эффект у прооперированных по данной методике пациентов [106].

Также было предложено оборачивание пластины клапана специальным материалом «Аллоплант» («Аллотрансплантат для пластики конъюнктивы (тотальный) № 000236», ФГБУ ВЦГПХ МЗ России (г. Уфа) под маркой АЛЛОПЛАНТ®), который представляет собой ацеллюлярный тканевой матрикс. Оборачивание клапана, по мнению автора, является важным элементом, позволяющим ограничить соприкосновение и прямой контакт силиконовой пластины с тканями глаза. Общепринято, что силикон является биосовместимым ареактивным материалом, являющимся основным материалом пластины клапана Ahmed. Тем не менее, при соприкосновении с тканями организма, он вызывает образование плотной фиброзной капсулы, снижающей резорбцию и эвакуацию отводимой жидкости. Аллоплант является органическим, биологическим материалом, благодаря подготовке ареактивен, и не вызывает образование фиброзной капсулы. По сравнению с политетрафторэтиленовой мембраной он более пластичный, легче принимает форму анатомического пространства ложа клапана и меньше подвергается травматизации окружающие ткани. Поэтому оборачивание клапана аллоплантом уменьшает вероятность образования плотной фиброзной капсулы вокруг пластины клапана, образуется лишь тонкая ограничительная мембрана между тканями организма и силиконовой пластиной клапана. Тем самым создаются условия для более легкой резорбции жидкости и уменьшения размеров формирующегося вокруг клапана пузыря. Оборачивание пластины клапана аллоплантом позволяет достичь более стабильного гипотензивного эффекта, уменьшения вероятности ограничения подвижности глазного яблока и снижает необходимость в повторных вмешательствах [107].

С целью уменьшения воспалительной реакции и продолжительности оперативного вмешательства было предложено полностью бесшовное трубчатое шунтирование с использованием вместо наложения

швов фибринового герметика Tisseel (Baxter Healthcare Corporation) [108]. Авторы имплантировали КДС в комбинации с удалением катаракты и эндоскопической циклофотокоагуляцией, и показали высокую эффективность и сопоставимый с другими антиглаукомными вмешательствами профиль безопасности данной процедуры.

С целью коррекции репаративных процессов в зоне оперативного вмешательства и получения стабильного гипотензивного эффекта интраоперационно и в послеоперационном периоде используют цитостатики, кортикостероиды, протеолитические ферменты. Применение антиметаболитов и цитостатиков в ходе фильтрующих операций рассматривалось как огромное достижение, значительно усиливающее и пролонгирующее гипотензивный эффект операции. По мнению ряда авторов, использование антиметаболитов может улучшить результаты имплантации КДС [109, 110]. Однако при ознакомлении с современной литературой отмечается разочарованность антиметаболитами и цитостатиками, связанное с высокой частотой осложнений в послеоперационном периоде, особенно у лиц пожилого возраста [111–113]. Цитостатические препараты нарушают цитоархитектонику тканей, разрушают ядра эпителиальных клеток в зоне локального применения и оказывают высокое токсическое влияние на структуры глаза, в частности, на роговицу и цилиарный эпителий. Таким образом, накопление опыта применения данных препаратов позволило более критически подойти к оценке целесообразности и безопасности их применения в связи с осложнениями, которые они вызывают, и которые в конечном итоге негативно влияют как на долгосрочность гипотензивного эффекта, так и на функциональные результаты.

Одним из наиболее популярных методов профилактики избыточного послеоперационного рубцевания признается применение кортикостероидов [52, 114–117]. Ввиду того, что ключом к успешной имплантации КДС является контроль воспаления и предотвращение чрезмерного фиброза капсулы вокруг замыкательной пластины, в литературе широко обсуждается положительное влияние местных кортикостероидов на повышение показателя успеха операции и снижение риска осложнений в послеоперационном периоде. В исследовании Chaku и соавт. была выявлена статистически значимая связь между местным применением стероидов и частотой такого осложнения, как прорезывание трубки [114]. Применение в послеоперационном периоде сильнодействующих противовоспалительных препаратов, включающих кортикостероиды (отдельно или в сочетании с нестероидными противовоспалительными препаратами) моделирует послеоперационное заживление ран, предотвращая сопротивление оттоку и снижая риск хирургических неудач [115]. Кортикостероиды подавляют

воспаление путем снижения синтеза простагландинов за счет ингибирования фосфолипазы, ограничивают пролиферацию фибробластов, блокируя клеточный цикл в фазе G1 и предотвращая стимуляцию цитокинов. Вместе эти функции уменьшают фиброз в процессе заживления раны, что способствует развитию более проницаемой капсулы вокруг концевой пластины и лучшему контролю ВГД [116]. Као и соавт. (2022) показали, что местное применение кортикостероида после имплантации КДС позволило достичь более низкого ВГД через 6 месяцев с меньшим количеством антиглаукомных препаратов через 1 год после операции. В связи с чем применение этих препаратов после имплантации КДС может быть полезным как за счет улучшений клинических результатов, так и повышения приверженности к лечению [117].

В заключении следует отметить, что за последние десятилетия, несмотря на стремительное развитие фармакотерапии и методов лазерного лечения, основная роль в лечении не только рефрактерной, но и первичной открытоугольной глаукомы отводится

хирургическим методам, создающим условия для более эффективного и стойкого снижения ВГД. Имплантация клапанного трубчатого дренажа является наиболее эффективным видом вмешательства для снижения ВГД у пациентов с глаукомой, рефрактерной к медикаментозному, лазерному лечению или фистулизирующей хирургии, и, по данным литературы, обладает преимуществами перед другими методами лечения. С момента появления КДС, её имплантация становится все более популярным видом вмешательства, а показания к ней расширяются. Результаты исследований эффективности и безопасности имплантации КДС отличаются широким диапазоном данных хирургического успеха и частоты осложнений, что указывает на огромное значение техники имплантации данного устройства. Наличие большого числа способов повышения эффективности имплантации дренажа клапанного типа Ahmed свидетельствует о стремлении хирургов добиться более пролонгированного гипотензивного эффекта со снижением частоты и выраженности осложнений.

Литература

1. Первичная открытоугольная глаукома. Национальное руководство. Под ред. Е.А. Егорова, А.В. Куроедова. М: ГЭОТАР-Медиа 2023, 1032. <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970476611.html>.
2. Tham Y.C., Li X., Wong T. Y., Quigley H.A., et al. Global prevalence of glaucoma and projections of glaucoma burden through 2040: a systematic review and meta-analysis. *Ophthalmol* 2014; 121(11):2081-2090. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2014.05.013>.
3. European Glaucoma Society Terminology and Guidelines for Glaucoma (5th Edition). Savona, PubliComm, 2020. 169 p. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2021-egsguidelines>.
4. Arian G, Gunenc U. Ahmed Glaucoma Valve Implantation to Reduce Intraocular Pressure: Updated Perspectives. *Clin Ophthalmol* 2023; 17:1833-1845. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S342721>.
5. Jeffrey R., SooHoo M.D., Leonard K., Seibold M., et al. Minimally invasive glaucoma surgery: current implants and future innovations. *Can J Ophthalmol* 2014; 49(6):528-533. <https://doi.org/10.1016/j.cjco.2014.09.002>.
6. Brandro L.M., Grieshaber M.C. Update on minimally invasive glaucoma surgery (MIGS) and new implants. *J Ophthalmol* 2013; 2013: 705915. <https://doi.org/10.1155/2013/705915>.
7. Richter G. M., Coleman A.L. Minimally invasive glaucoma surgery: current status and future prospects. *Clin Ophthalmol* 2016; 10:189-206. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S80490>.
8. Basic and Clinical Science Course 2022-2023. Section 10. Glaucoma. Ed. A.P. Tanna. San Francisco, AAO, 2022. 319 p.
9. Stephenson M. Tips and techniques for optimizing approved MIGS. *EyeWorld Asia-Pacific* 2017; 13(3):22-24.
10. Tseng V.L., Coleman A.L., Chang M.Y. Aqueous shunts for glaucoma. *Cochrane Database Syst Rev* 2017; 7:CD004918. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004918.pub3>.
11. Patel S., Pasquale L.R. Glaucoma drainage devices: a review of the past, present, and future. *Semin Ophthalmol* 2010; 25(5-6):265-270. <https://doi.org/10.3109/08820538.2010.518840>.
12. Vinod K., Gedde S.J., Feuer W.J., Panarelli J.F., et al. Practice preferences for glaucoma surgery: a survey of the American Glaucoma Society. *J Glaucoma* 2017; 26 (8):687-693. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000000720>.
13. Murphy C., Ogston S., Cobb C., MacEwen C. Recent trends in glaucoma surgery in Scotland, England and Wales. *Br J Ophthalmol* 2015; 99(3):308-312. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2013-304465>

References

1. Pervichnaya otkrytougol'naya glaucoma. Natsional'noe rukovodstvo [Primary open-angle glaucoma. National guidelines]. Eds. E.A. Egorov, A.V. Kuroyev. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2023. 1032 p. <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970476611.html>.
2. Tham Y.C., Li X., Wong T. Y., Quigley H.A., et al. Global prevalence of glaucoma and projections of glaucoma burden through 2040: a systematic review and meta-analysis. *Ophthalmol* 2014; 121(11):2081-2090. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2014.05.013>.
3. European Glaucoma Society Terminology and Guidelines for Glaucoma (5th Edition). Savona, PubliComm, 2020. 169 p. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2021-egsguidelines>.
4. Arian G, Gunenc U. Ahmed Glaucoma Valve Implantation to Reduce Intraocular Pressure: Updated Perspectives. *Clin Ophthalmol* 2023; 17:1833-1845. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S342721>.
5. Jeffrey R., SooHoo M.D., Leonard K., Seibold M., et al. Minimally invasive glaucoma surgery: current implants and future innovations. *Can J Ophthalmol* 2014; 49(6):528-533. <https://doi.org/10.1016/j.cjco.2014.09.002>.
6. Brandro L.M., Grieshaber M.C. Update on minimally invasive glaucoma surgery (MIGS) and new implants. *J Ophthalmol* 2013; 2013: 705915. <https://doi.org/10.1155/2013/705915>.
7. Richter G. M., Coleman A.L. Minimally invasive glaucoma surgery: current status and future prospects. *Clin Ophthalmol* 2016; 10:189-206. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S80490>.
8. Basic and Clinical Science Course 2022-2023. Section 10. Glaucoma. Ed. A.P. Tanna. San Francisco, AAO, 2022. 319 p.
9. Stephenson M. Tips and techniques for optimizing approved MIGS. *EyeWorld Asia-Pacific* 2017; 13(3):22-24.
10. Tseng V.L., Coleman A.L., Chang M.Y. Aqueous shunts for glaucoma. *Cochrane Database Syst Rev* 2017; 7:CD004918. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004918.pub3>.
11. Patel S., Pasquale L.R. Glaucoma drainage devices: a review of the past, present, and future. *Semin Ophthalmol* 2010; 25(5-6):265-270. <https://doi.org/10.3109/08820538.2010.518840>.
12. Vinod K., Gedde S.J., Feuer W.J., Panarelli J.F., et al. Practice preferences for glaucoma surgery: a survey of the American Glaucoma Society. *J Glaucoma* 2017; 26 (8):687-693. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000000720>.
13. Murphy C., Ogston S., Cobb C., MacEwen C. Recent trends in glaucoma surgery in Scotland, England and Wales. *Br J Ophthalmol* 2015; 99(3):308-312. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2013-304465>

14. Bron A.M., Mariet A.S., Benzenine E., Arnould L., et al. Trends in operating room-based glaucoma procedures in France from 2005 to 2014: a nationwide study. *Br J Ophthalmol* 2017; 101(11):1500–1504. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2016-309946>.
15. Arora K.S., Robin A.L., Corcoran K.J., Corcoran S.L., et al. Use of various glaucoma surgeries and procedures in medicare beneficiaries from 1994 to 2012. *Ophthalmology* 2015; 122(8):1615–1624. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2015.04.015>.
16. Gedde S.J., Schiffman J.C., Feuer W.J., Herndon L.W., et al. Treatment outcomes in the Tube Versus Trabeculectomy (TVT) study after five years of follow-up. *Am J Ophthalmol* 2012; 153:789–803. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2011.10.026>.
17. Gedde S.J., Feuer W.J., Shi W., Lim K.S., et al. Treatment outcomes in the Primary Tube Versus Trabeculectomy Study after 1 year of follow-up. *Ophthalmology* 2018; 125:650–663. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2018.02.003>.
18. Gedde S.J., Feuer W.J., Lim K.S., Barton K., et al. Treatment outcomes in the Primary Tube Versus Trabeculectomy Study after 3 years of follow-up. *Ophthalmology* 2020; 127:333–345. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2019.10.002>.
19. Gedde S.J., Feuer W.J., Lim K.S., Barton K., et al. Treatment outcomes in the Primary Tube Versus Trabeculectomy Study after 5 years of follow-up. *Ophthalmology* 2022; 129:1344–1356. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2022.07.003>.
20. Eksioğlu U., Yakin M., Sungur G., Satana B., et al. Short-to long-term results of Ahmed glaucoma valve in the management of elevated intraocular pressure in patients with pediatric uveitis. *Can J Ophthalmol* 2017; 52(3):295–301. <https://doi.org/10.1016/j.cjco.2016.11.015>.
21. Pakravan M., Esfandiari H., Yazdani S., Doozandeh A., et al. Clinical outcomes of Ahmed glaucoma valve implantation in pediatric glaucoma. *Eur J Ophthalmol* 2019; 29(1):44–51. <https://doi.org/10.1177/1120672118761332>.
22. Spiess K., Calvo J.P. Outcomes of Ahmed glaucoma valve in paediatric glaucoma following congenital cataract surgery in persistent fetal vasculature. *Eur J Ophthalmol* 2021; 31(3):1070–1078. <https://doi.org/10.1177/1120672120919066>.
23. Jacobson A., Bohnsack B.L. Ahmed to Baerveldt glaucoma drainage device exchange in pediatric patients. *BMC Ophthalmol* 2023; 23(1): 310. <https://doi.org/10.1186/s12886-023-03074-1>.
24. Rosentreter A., Mellein A.C., Konen W.W., Dietlein T.S. Capsule excision and Ologen implantation for revision after glaucoma drainage device surgery. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2010; 248:1319–1324. <https://doi.org/10.1007/s00417-010-1385-y>.
25. Lai J.S., Poon A.S., Chua J.K., Tham C.C., et al. Efficacy and safety of the Ahmed glaucoma valve implant in Chinese eyes with complicated glaucoma. *Br J Ophthalmol* 2000; 84:718–721. <https://doi.org/10.1136/bjo.84.7.718>.
26. Coleman A.L., Smyth R.J., Wilson M.R., Tam M. Initial clinical experience with the Ahmed glaucoma valve implant in pediatric patients. *Arch Ophthalmol* 1997; 115:186–191. <https://doi.org/10.1001/archophth.1997.01100150188007>.
27. Yang H.K., Park K.H. Clinical outcomes after Ahmed valve implantation in refractory paediatric glaucoma. *Eye (Lond)* 2009; 23:1427–1435. <https://doi.org/10.1038/eye.2008.261>.
28. Goulet R.J. 3rd, Phan A.D., Cantor L.B., WuDunn D. Efficacy of the Ahmed S2 glaucoma valve compared with the Baerveldt 250-mm2 glaucoma implant. *Ophthalmology* 2008; 115:1141–1147. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2007.10.034>.
29. HaiBo T., Xin K., ShiHeng L., Lin L. Comparison of Ahmed glaucoma valve implantation and trabeculectomy for glaucoma: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One* 2015; 10: e0118142. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118142>.
30. Инструкция по применению медицинского изделия клапана глаукоматозного Ахмед модели FP7, FP8. http://ahmedglaucoma.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=6&Itemid=13
31. Siriwardena D., Khaw P. T., King A. J. Human antitransformig growth factor beta-2 monoclonal antibody: a new modulator of wound healing in trabeculectomy: a randomized placebo controlled clinical study. *Ophthalmology* 2002; 109:427–431. [https://doi.org/10.1016/s0161-6420\(01\)00997-6](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(01)00997-6).
32. Бакунина Н. А. Комбинированное хирургическое лечение некоторых форм рефрактерной глаукомы: автореф. ... канд. мед. наук / Н. А. Бакунина. – М., 2006. – 26 с. <https://www.dissercat.com/content/kombinirovannoe-khirurgicheskoe-lechenie-nekotorykh-form-refraktornoj-glaukomy>
14. Bron A.M., Mariet A.S., Benzenine E., Arnould L., et al. Trends in operating room-based glaucoma procedures in France from 2005 to 2014: a nationwide study. *Br J Ophthalmol* 2017; 101(11):1500–1504. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2016-309946>.
15. Arora K.S., Robin A.L., Corcoran K.J., Corcoran S.L., et al. Use of various glaucoma surgeries and procedures in medicare beneficiaries from 1994 to 2012. *Ophthalmology* 2015; 122(8):1615–1624. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2015.04.015>.
16. Gedde S.J., Schiffman J.C., Feuer W.J., Herndon L.W., et al. Treatment outcomes in the Tube Versus Trabeculectomy (TVT) study after five years of follow-up. *Am J Ophthalmol* 2012; 153:789–803. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2011.10.026>.
17. Gedde S.J., Feuer W.J., Shi W., Lim K.S., et al. Treatment outcomes in the Primary Tube Versus Trabeculectomy Study after 1 year of follow-up. *Ophthalmology* 2018; 125:650–663. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2018.02.003>.
18. Gedde S.J., Feuer W.J., Lim K.S., Barton K., et al. Treatment outcomes in the Primary Tube Versus Trabeculectomy Study after 3 years of follow-up. *Ophthalmology* 2020; 127:333–345. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2019.10.002>.
19. Gedde S.J., Feuer W.J., Lim K.S., Barton K., et al. Treatment outcomes in the Primary Tube Versus Trabeculectomy Study after 5 years of follow-up. *Ophthalmology* 2022; 129:1344–1356. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2022.07.003>.
20. Eksioğlu U., Yakin M., Sungur G., Satana B., et al. Short-to long-term results of Ahmed glaucoma valve in the management of elevated intraocular pressure in patients with pediatric uveitis. *Can J Ophthalmol* 2017; 52(3):295–301. <https://doi.org/10.1016/j.cjco.2016.11.015>.
21. Pakravan M., Esfandiari H., Yazdani S., Doozandeh A., et al. Clinical outcomes of Ahmed glaucoma valve implantation in pediatric glaucoma. *Eur J Ophthalmol* 2019; 29(1):44–51. <https://doi.org/10.1177/1120672118761332>.
22. Spiess K., Calvo J.P. Outcomes of Ahmed glaucoma valve in paediatric glaucoma following congenital cataract surgery in persistent fetal vasculature. *Eur J Ophthalmol* 2021; 31(3):1070–1078. <https://doi.org/10.1177/1120672120919066>.
23. Jacobson A., Bohnsack B.L. Ahmed to Baerveldt glaucoma drainage device exchange in pediatric patients. *BMC Ophthalmol* 2023; 23(1): 310. <https://doi.org/10.1186/s12886-023-03074-1>.
24. Rosentreter A., Mellein A.C., Konen W.W., Dietlein T.S. Capsule excision and Ologen implantation for revision after glaucoma drainage device surgery. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2010; 248:1319–1324. <https://doi.org/10.1007/s00417-010-1385-y>.
25. Lai J.S., Poon A.S., Chua J.K., Tham C.C., et al. Efficacy and safety of the Ahmed glaucoma valve implant in Chinese eyes with complicated glaucoma. *Br J Ophthalmol* 2000; 84:718–721. <https://doi.org/10.1136/bjo.84.7.718>.
26. Coleman A.L., Smyth R.J., Wilson M.R., Tam M. Initial clinical experience with the Ahmed glaucoma valve implant in pediatric patients. *Arch Ophthalmol* 1997; 115:186–191. <https://doi.org/10.1001/archophth.1997.01100150188007>.
27. Yang H.K., Park K.H. Clinical outcomes after Ahmed valve implantation in refractory paediatric glaucoma. *Eye (Lond)* 2009; 23:1427–1435. <https://doi.org/10.1038/eye.2008.261>.
28. Goulet R.J. 3rd, Phan A.D., Cantor L.B., WuDunn D. Efficacy of the Ahmed S2 glaucoma valve compared with the Baerveldt 250-mm2 glaucoma implant. *Ophthalmology* 2008; 115:1141–1147. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2007.10.034>.
29. HaiBo T., Xin K., ShiHeng L., Lin L. Comparison of Ahmed glaucoma valve implantation and trabeculectomy for glaucoma: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One* 2015; 10: e0118142. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118142>.
30. Introductions. Application at medical device The Ahmed Glaucoma Valve, models FP7, FP8. http://ahmedglaucoma.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=6&Itemid=13
31. Siriwardena D., Khaw P. T., King A. J. Human antitransformig growth factor beta-2 monoclonal antibody: a new modulator of wound healing in trabeculectomy: a randomized placebo controlled clinical study. *Ophthalmology* 2002; 109:427–431. [https://doi.org/10.1016/s0161-6420\(01\)00997-6](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(01)00997-6).
32. Bakunina N.A. Combined surgical treatment of some forms of refractory glaucoma: abstract... Cand. Sci. – M., 2006. – 26 p. <https://www.dissercat.com/content/kombinirovannoe-khirurgicheskoe-lechenie-nekotorykh-form-refraktornoj-glaukomy>

33. Kim J.Y., Lee JS, Lee T. Corneal endothelial cell changes and surgical results after Ahmed glaucoma valve implantation: ciliary sulcus versus anterior chamber tube placement. *Sci Rep* 2021; 11(1):12986. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92420-8>.
34. Christakis P.G., Zhang D., Budenz D.L., Barton K., et al. Five-year pooled data analysis of the Ahmed Baerveldt comparison study and the Ahmed versus Baerveldt study. *Am J Ophthalmol* 2017; 176:118–126. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2017.01.003>.
35. Budenz D.L., Barton K., Feuer W.J. Treatment outcomes in the Ahmed Baerveldt Comparison Study after 1 year of follow-up. *Ophthalmology* 2011; 118:443–452. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2010.07.016>.
36. Barton K., Feuer W.J., Budenz D.L. Three-year treatment outcomes in the Ahmed Baerveldt Comparison study. *Ophthalmology* 2014; 121:1547–1557. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2014.01.036>.
37. Budenz D.L., Barton K., Gedde S.J. Five-year treatment outcomes in the Ahmed Baerveldt comparison study. *Ophthalmology* 2015; 122(2):308–316. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2014.08.043>.
38. Christakis P.G., Kalenak J.W., Zurakowski D. The Ahmed versus Baerveldt study. One-year treatment outcomes. *Ophthalmology* 2011; 118:2180–2189. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2011.05.004>.
39. Christakis P.G., Tsai J.C., Kalenak J.W. The Ahmed versus Baerveldt study. Three-year treatment outcomes. *Ophthalmology* 2013; 120:2232–2240. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2013.04.018>.
40. Christakis P.G., Kalenak J.W., Tsai J.C. The Ahmed versus Baerveldt study: five-year treatment outcomes. *Ophthalmology* 2016; 123(10):2093–2102. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2016.06.035>.
41. Pandav S.S., Seth N.G., Thattaruthody F. Long-term outcome of low-cost glaucoma drainage device (Aurolab aqueous drainage implant) compared with Ahmed glaucoma valve. *Br J Ophthalmol* 2019; 104(4):557–562. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2019-313942>.
42. Yalvac I.S., Eksioğlu U., Satana B., Duman S. Long-term results of Ahmed glaucoma valve and Molteno implant in neovascular glaucoma. *Eye* 2007; 21(1):65–70. <https://doi.org/10.1038/sj.eye.6702125>.
43. Topouzis F., Coleman A.L., Choplin N. Follow-up of the original cohort with the Ahmed glaucoma valve implant. *Am J Ophthalmol* 1999; 128:198–204. [https://doi.org/10.1016/s0002-9394\(99\)00080-x](https://doi.org/10.1016/s0002-9394(99)00080-x).
44. Ishida K., Netland P.A., Costa V.P., Shiroma L., Khan B., Ahmed I.I. Comparison of polypropylene and silicone Ahmed Glaucoma Valves. *Ophthalmology* 2006; 113(8):1320–1326. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2006.04.020>.
45. Hinkle D.M., Zurakowski D., Ayyala R.S. A comparison of the polypropylene plate Ahmed glaucoma valve to the silicone plate Ahmed glaucoma flexible valve. *Eur J Ophthalmol* 2007; 17(5):696–701. <https://doi.org/10.1177/112067210701700502>.
46. Siempis T., Younus O., Makuloluwa A. Long-Term Outcomes of Ahmed Glaucoma Valve Surgery in a Scottish Cohort of Patients With Refractory Glaucoma. *Cureus* 2023; 15(3):358–377. <https://doi.org/10.7759/cureus.35877>.
47. Xie Z., Liu H., Du M., Zhu M., et al. Efficacy of Ahmed glaucoma valve implantation on neovascular glaucoma. *Int J Med Sci* 2019; 16:1371–1376. <https://doi.org/10.7150/ijms.35267>.
48. Netland P.A. The Ahmed glaucoma valve in neovascular glaucoma (An AOS Thesis). *Trans Am Ophthalmol Soc* 2009; 107:325–342. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2814575/pdf/1545-6110_v107
49. Bowden E.C., Choudhury A., Gedde S.J., et al. Risk factors for failure of tube shunt surgery: a pooled data analysis. *Am J Ophthalmol* 2022; 240:217–224. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2022.02.027>.
50. Souza C., Tran D.H., Loman J., Law S.K., et al. Long-term outcomes of Ahmed glaucoma valve implantation in refractory glaucomas. *Am J Ophthalmol* 2007; 144(6):893–900. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2007.07.035>.
51. Ramji S., Nagi G., Ansari A. S., Kailani O. A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials in the management of neovascular glaucoma: absence of consensus and variability in practice. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2023; 261:477–501. <https://doi.org/10.1007/s00417-022-05785-5>.
33. Kim J.Y., Lee JS, Lee T. Corneal endothelial cell changes and surgical results after Ahmed glaucoma valve implantation: ciliary sulcus versus anterior chamber tube placement. *Sci Rep* 2021; 11(1):12986. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92420-8>.
34. Christakis P.G., Zhang D., Budenz D.L., Barton K., et al. Five-year pooled data analysis of the Ahmed Baerveldt comparison study and the Ahmed versus Baerveldt study. *Am J Ophthalmol* 2017; 176:118–126. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2017.01.003>.
35. Budenz D.L., Barton K., Feuer W.J. Treatment outcomes in the Ahmed Baerveldt Comparison Study after 1 year of follow-up. *Ophthalmology* 2011; 118:443–452. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2010.07.016>.
36. Barton K., Feuer W.J., Budenz D.L. Three-year treatment outcomes in the Ahmed Baerveldt Comparison study. *Ophthalmology* 2014; 121:1547–1557. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2014.01.036>.
37. Budenz D.L., Barton K., Gedde S.J. Five-year treatment outcomes in the Ahmed Baerveldt comparison study. *Ophthalmology* 2015; 122(2):308–316. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2014.08.043>.
38. Christakis P.G., Kalenak J.W., Zurakowski D. The Ahmed versus Baerveldt study. One-year treatment outcomes. *Ophthalmology* 2011; 118:2180–2189. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2011.05.004>.
39. Christakis P.G., Tsai J.C., Kalenak J.W. The Ahmed versus Baerveldt study. Three-year treatment outcomes. *Ophthalmology* 2013; 120:2232–2240. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2013.04.018>.
40. Christakis P.G., Kalenak J.W., Tsai J.C. The Ahmed versus Baerveldt study: five-year treatment outcomes. *Ophthalmology* 2016; 123(10):2093–2102. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2016.06.035>.
41. Pandav S.S., Seth N.G., Thattaruthody F. Long-term outcome of low-cost glaucoma drainage device (Aurolab aqueous drainage implant) compared with Ahmed glaucoma valve. *Br J Ophthalmol* 2019; 104(4):557–562. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2019-313942>.
42. Yalvac I.S., Eksioğlu U., Satana B., Duman S. Long-term results of Ahmed glaucoma valve and Molteno implant in neovascular glaucoma. *Eye* 2007; 21(1):65–70. <https://doi.org/10.1038/sj.eye.6702125>.
43. Topouzis F., Coleman A.L., Choplin N. Follow-up of the original cohort with the Ahmed glaucoma valve implant. *Am J Ophthalmol* 1999; 128:198–204. [https://doi.org/10.1016/s0002-9394\(99\)00080-x](https://doi.org/10.1016/s0002-9394(99)00080-x).
44. Ishida K., Netland P.A., Costa V.P., Shiroma L., Khan B., Ahmed I.I. Comparison of polypropylene and silicone Ahmed Glaucoma Valves. *Ophthalmology* 2006; 113(8):1320–1326. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2006.04.020>.
45. Hinkle D.M., Zurakowski D., Ayyala R.S. A comparison of the polypropylene plate Ahmed glaucoma valve to the silicone plate Ahmed glaucoma flexible valve. *Eur J Ophthalmol* 2007; 17(5):696–701. <https://doi.org/10.1177/112067210701700502>.
46. Siempis T., Younus O., Makuloluwa A. Long-Term Outcomes of Ahmed Glaucoma Valve Surgery in a Scottish Cohort of Patients With Refractory Glaucoma. *Cureus* 2023; 15(3):358–377. <https://doi.org/10.7759/cureus.35877>.
47. Xie Z., Liu H., Du M., Zhu M., et al. Efficacy of Ahmed glaucoma valve implantation on neovascular glaucoma. *Int J Med Sci* 2019; 16:1371–1376. <https://doi.org/10.7150/ijms.35267>.
48. Netland P.A. The Ahmed glaucoma valve in neovascular glaucoma (An AOS Thesis). *Trans Am Ophthalmol Soc* 2009; 107:325–342. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2814575/pdf/1545-6110_v107
49. Bowden E.C., Choudhury A., Gedde S.J., et al. Risk factors for failure of tube shunt surgery: a pooled data analysis. *Am J Ophthalmol* 2022; 240:217–224. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2022.02.027>.
50. Souza C., Tran D.H., Loman J., Law S.K., et al. Long-term outcomes of Ahmed glaucoma valve implantation in refractory glaucomas. *Am J Ophthalmol* 2007; 144(6):893–900. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2007.07.035>.
51. Ramji S., Nagi G., Ansari A. S., Kailani O. A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials in the management of neovascular glaucoma: absence of consensus and variability in practice. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2023; 261:477–501. <https://doi.org/10.1007/s00417-022-05785-5>.

52. Teixeira S.H., Doi L.M., Freitas Silva A.L., et al. Silicone Ahmed glaucoma valve with and without intravitreal triamcinolone acetonide for neovascular glaucoma: randomized clinical trial. *J Glaucoma* 2012; 21(5):342–348. <https://doi.org/10.1097/IJG.0b013e31820d7e4e>.
53. Minckler D.S., Francis B.A., Hodapp E.A. Aqueous shunts in glaucoma: a report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology* 2008; 115:1089–1098. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2008.03.031>.
54. Hwang H.B., Han J.W., Yim H.B. Beneficial effects of adjuvant intravitreal bevacizumab injection on outcomes of Ahmed glaucoma valve implantation in patients with neovascular glaucoma: systematic literature review. *J Ocul Pharmacol Ther* 2015; 31(4):198–203. <https://doi.org/10.1089/jop.2014.0108>.
55. Arcieri E.S., Paula JS, Jorge R. Efficacy and safety of intravitreal bevacizumab in eyes with neovascular glaucoma undergoing Ahmed glaucoma valve implantation: 2-year follow-up. *Acta Ophthalmol* 2015; 93(1):1–6. <https://doi.org/10.1111/aos.12493>.
56. Choy B., Lai J., Yeung J. Randomized comparative trial of diode laser transscleral cyclophotocoagulation versus Ahmed glaucoma valve for neovascular glaucoma in Chinese – a pilot study. *Clin Ophthalmol* 2018; 12:2545–2552. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S188999>.
57. Lin P., Zhao Q., He J. Comparisons of the short-term effectiveness and safety of surgical treatment for neovascular glaucoma: a systematic review and network meta-analysis. *BMJ Open* 2022; 12: e051794. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-051794>.
58. Mahdy R.A., Nada W.M., Fawzy K.M. Efficacy of intravitreal bevacizumab with panretinal photocoagulation followed by Ahmed valve implantation in neovascular glaucoma. *J Glaucoma* 2013; 22(9):768–772. <https://doi.org/10.1097/IJG.0b013e318259aec4>.
59. Zhou M., Xu X., Zhang X. Clinical outcomes of Ahmed glaucoma valve implantation with or without intravitreal bevacizumab pretreatment for neovascular glaucoma: a systematic review and meta-analysis. *J Glaucoma* 2016; 25:551–557. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000000241>.
60. Evans J.R., Michelessi M, Virgili G. Laser photocoagulation for proliferative diabetic retinopathy. *Cochrane Database Syst Rev* – 2014; CD011234 <https://doi.org/10.1002/14651858>.
61. Дмитриева А.Л., Мясникова В.В., Авакимян Р.А., Хутим Т. Р. и др. Влияние ингибиторов ангиогенеза на течение послеоперационного периода при имплантации клапана Ахмеда у пациентов с неоваскулярной глаукомой. *Национальный журнал глаукома* 2022; 21(4):37–47. <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2022-21-4-37-47>.
62. Чупров А. Д., Казеннов А. Н., Казеннова И. А. Эффективность имплантации клапана Ахмед при вторичной неоваскулярной глаукоме. *Вестник Нац мед-хир центра им. Н.И. Пирогова* 2022; 17(4):79–81. https://doi.org/10.25881/20728255_2022_17_4_S1_79.
63. Gandhi M., Bhartiya S. (Eds.) *Glaucoma Drainage Devices: A Practical Illustrated Guide* Illustrated Guide. Springer, 2019. – 171 p.
64. Chen J., Gedde SJ. New developments in tube shunt surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 2019; 30:125–131. <https://doi.org/10.1097/ICU.0000000000000549>.
65. Maheshwari D., Rao S, Pawar N. Early outcomes of 21-gauge needle-guided ab interno tube sulcus placement of a non-valved implant in pseudophakic eyes. *Indian J Ophthalmol* 2022; 70:1051–1053. https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_2303_21.
66. Bayer A., Onol M. Clinical outcomes of Ahmed glaucoma valve in anterior chamber versus ciliary sulcus. *Eye* 2017; 31(4):608–614. <https://doi.org/10.1038/eye.2016.273>.
67. Nitta K., Akiyama H. A New Technique Using a 4-0 Nylon Thread as a Guide for Easy and Precise Tube Insertion of Ahmed Glaucoma Valve Implant Into Ciliary Sulcus. *Cureus* 2023; 11;15(2):e34854. <https://doi.org/10.7759/cureus.34854>.
68. Wang B., Li W. Comparison of pars plana with anterior chamber glaucoma drainage device implantation for glaucoma: a meta-analysis. *BMC Ophthalmol* 2018; 18(1):212. <https://doi.org/10.1186/s12886-018-0896-x>.
69. Kumar H., Thulasidas M. Pars plana implantation of glaucoma drainage devices- the way to succeed in refractory glaucoma. *Indian J Ophthalmol* 2021; 69(7):1650–1651. https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_688_21.
52. Teixeira S.H., Doi L.M., Freitas Silva A.L., et al. Silicone Ahmed glaucoma valve with and without intravitreal triamcinolone acetonide for neovascular glaucoma: randomized clinical trial. *J Glaucoma* 2012; 21(5):342–348. <https://doi.org/10.1097/IJG.0b013e31820d7e4e>.
53. Minckler D.S., Francis B.A., Hodapp E.A. Aqueous shunts in glaucoma: a report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology* 2008; 115:1089–1098. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2008.03.031>.
54. Hwang H.B., Han J.W., Yim H.B. Beneficial effects of adjuvant intravitreal bevacizumab injection on outcomes of Ahmed glaucoma valve implantation in patients with neovascular glaucoma: systematic literature review. *J Ocul Pharmacol Ther* 2015; 31(4):198–203. <https://doi.org/10.1089/jop.2014.0108>.
55. Arcieri E.S., Paula JS, Jorge R. Efficacy and safety of intravitreal bevacizumab in eyes with neovascular glaucoma undergoing Ahmed glaucoma valve implantation: 2-year follow-up. *Acta Ophthalmol* 2015; 93(1):1–6. <https://doi.org/10.1111/aos.12493>.
56. Choy B., Lai J., Yeung J. Randomized comparative trial of diode laser transscleral cyclophotocoagulation versus Ahmed glaucoma valve for neovascular glaucoma in Chinese – a pilot study. *Clin Ophthalmol* 2018; 12:2545–2552. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S188999>.
57. Lin P., Zhao Q., He J. Comparisons of the short-term effectiveness and safety of surgical treatment for neovascular glaucoma: a systematic review and network meta-analysis. *BMJ Open* 2022; 12: e051794. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-051794>.
58. Mahdy R.A., Nada W.M., Fawzy K.M. Efficacy of intravitreal bevacizumab with panretinal photocoagulation followed by Ahmed valve implantation in neovascular glaucoma. *J Glaucoma* 2013; 22(9):768–772. <https://doi.org/10.1097/IJG.0b013e318259aec4>.
59. Zhou M., Xu X., Zhang X. Clinical outcomes of Ahmed glaucoma valve implantation with or without intravitreal bevacizumab pretreatment for neovascular glaucoma: a systematic review and meta-analysis. *J Glaucoma* 2016; 25:551–557. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000000241>.
60. Evans J.R., Michelessi M, Virgili G. Laser photocoagulation for proliferative diabetic retinopathy. *Cochrane Database Syst Rev* – 2014; CD011234 <https://doi.org/10.1002/14651858>.
61. Dmitrieva A.L., Myasnikova V.V., Avakimyan R.A., Hutim T.R., et al. Impact of angiogenesis inhibitors on the postoperative course of Ahmed valve implantation in patients with neovascular glaucoma. *Natsional'nyi Zhurnal Glaukoma* 2022; 21(4):37–47. <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2022-21-4-37-47>.
62. Chuprov A. D., Kazennov A. N., Kazennova I. A. Efficacy of Ahmed valve implantation in secondary neovascular glaucoma. *Vestnik Nats Med-Khir Centra* 2022; 17(4):79–81. https://doi.org/10.25881/20728255_2022_17_4_S1_79.
63. Gandhi M., Bhartiya S. (Eds.) *Glaucoma Drainage Devices: A Practical Illustrated Guide* Illustrated Guide. Springer, 2019. – 171 p.
64. Chen J., Gedde SJ. New developments in tube shunt surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 2019; 30:125–131. <https://doi.org/10.1097/ICU.0000000000000549>.
65. Maheshwari D., Rao S, Pawar N. Early outcomes of 21-gauge needle-guided ab interno tube sulcus placement of a non-valved implant in pseudophakic eyes. *Indian J Ophthalmol* 2022; 70:1051–1053. https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_2303_21.
66. Bayer A., Onol M. Clinical outcomes of Ahmed glaucoma valve in anterior chamber versus ciliary sulcus. *Eye* 2017; 31(4):608–614. <https://doi.org/10.1038/eye.2016.273>.
67. Nitta K., Akiyama H. A New Technique Using a 4-0 Nylon Thread as a Guide for Easy and Precise Tube Insertion of Ahmed Glaucoma Valve Implant Into Ciliary Sulcus. *Cureus* 2023; 11;15(2):e34854. <https://doi.org/10.7759/cureus.34854>.
68. Wang B., Li W. Comparison of pars plana with anterior chamber glaucoma drainage device implantation for glaucoma: a meta-analysis. *BMC Ophthalmol* 2018; 18(1):212. <https://doi.org/10.1186/s12886-018-0896-x>.
69. Kumar H., Thulasidas M. Pars plana implantation of glaucoma drainage devices- the way to succeed in refractory glaucoma. *Indian J Ophthalmol* 2021; 69(7):1650–1651. https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_688_21.

70. Souza C., Tran D.H., Loman J., Law S.K., et al. Long-term outcomes of Ahmed glaucoma valve implantation in refractory glaucomas. *Am J Ophthalmol* 2007; 144:893–900. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2007.07.035>.
71. Sidoti P.A., Mosny A.Y., Ritterband D.C., Seedor J.A. Pars plana tube insertion of glaucoma drainage implants and penetrating keratoplasty in patients with coexisting glaucoma and corneal disease. *Ophthalmology* 2001; 108:1050–1058. [https://doi.org/10.1016/s0161-6420\(01\)00583-8](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(01)00583-8).
72. Siegner S.W., Netland P.A., Urban R.C. Jr, et al. Clinical experience with the Baerveldt glaucoma drainage implant. *Ophthalmology* 1995; 102:1298–1307. [https://doi.org/10.1016/s0161-6420\(95\)30871-8](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(95)30871-8).
73. Weiner A., Cohn A.D., Balasubramaniam M., et al. Glaucoma tube shunt implantation through the ciliary sulcus in pseudophakic eyes with high risk of corneal decompensation. *J Glaucoma* 2010; 19:405–411. <https://doi.org/10.1097/IJG.0b013e3181bdb52d>.
74. Zhang, Q., Liu Y., Thanapaisa S. The effect of tube location on corneal endothelial cells in patients with Ahmed glaucoma valve. *Ophthalmology* 2021; 128:218–226. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2020.06.050>.
75. Ayyala R.S., Zurakowski D., Smith J.A. A clinical study of the Ahmed glaucoma valve implant in advanced glaucoma. *Ophthalmology* 1998; 105:1968–1976. [https://doi.org/10.1016/S0161-6420\(98\)91049-1](https://doi.org/10.1016/S0161-6420(98)91049-1).
76. Eslami Y., Mohammadi M., Fakhraie G. Ahmed glaucoma valve implantation with tube insertion through the ciliary sulcus in pseudophakic/aphakic eyes. *J Glaucoma* 2014; 23:115–118. <https://doi.org/10.1097/IJG.0b013e318265bc0b>.
77. Imamoglu S., Ercalik N. Y., Beser B. G. Ciliary Sulcus Implantation of Ahmed Valve. *Beyoglu Eye J* 2019; 4(2):115–119. <https://doi.org/10.14744/bej.2019.00710>.
78. Asaoka S., Kasuga T., Matsunaga T. Operative complications of glaucoma drainage implant tube insertion through the sulcus for pseudophakic eye. *J Glaucoma* 2021; 30:169–174. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000001783>.
79. Moreno-Montañés J., Guirao-Navarro C., Argüeso F. Ab interno implantation of glaucoma drainage devices tubes in the posterior chamber. *BMC Ophthalmol* 2020; 20(1):66. <https://doi.org/10.1186/s12886-020-1329-1>.
80. Loayza-Gamboa W., Martel-Ramirez V., Inga-Condezo V. Needle guided ab interno technique for tube insertion through the ciliary sulcus in uncontrolled glaucoma. *Eur J Ophthalmol* 2022; 32:704–708. <https://doi.org/10.1177/11206721211007093>.
81. Moreno-Montañés J., Fantes F., García-Gómez P. Polypropylene suture-guided valve tube for posterior chamber implantation in patients with pseudophakic glaucoma. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34(11):1828–1831. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2008.05.063>.
82. Tojo N., Hayashi A., Consolvo-Ueda T. Baerveldt surgery outcomes: Anterior chamber insertion versus vitreous cavity insertion. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2018; 256:2191–2200. <https://doi.org/10.1007/s00417-018-4116-4>.
83. Sidoti P.A., Dunphy T.R., Baerveldt G. Experience with the Baerveldt glaucoma implant in treating neovascular glaucoma. *Ophthalmology* 1995; 10:1107–1118. [https://doi.org/10.1016/s0161-6420\(95\)30904-9](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(95)30904-9).
84. Tojo N., Nakamura T., Ueda T.C., Yanagisawa S., et al. Results of the Baerveldt® glaucoma implant for neovascular glaucoma patients. *Nippon Ganka Gakkai Zasshi* 2017; 121:138–145. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30080004/>.
85. Tsoukanas D., Xanthopoulos P., Charonis A.C., Theodossiadis P., et al. Heterologous, fresh, human donor sclera as patch graft material in glaucoma drainage device surgery. *J. Glaucoma* 2016; 25:558–564. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000000294>.
86. Tamcelik N., Ozkok A., Sarici A.M. Tenon advancement and duplication technique to prevent postoperative Ahmed valve tube exposure in patients with refractory glaucoma. *Jpn J Ophthalmol* 2013; 57: 359–364. <https://doi.org/10.1007/s10384-013-0249-5>.
87. Van Hoefen Wijsard M., Haan M., Rietveld E., van Rijn L.J. Donor sclera versus bovine pericardium as patch graft material in glaucoma implant surgery and the impact of a drainage suture. *Acta Ophthalmol* 2018; 96:692–698. <https://doi.org/10.1111/aos.13721>.
70. Souza C., Tran D.H., Loman J., Law S.K., et al. Long-term outcomes of Ahmed glaucoma valve implantation in refractory glaucomas. *Am J Ophthalmol* 2007; 144:893–900. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2007.07.035>.
71. Sidoti P.A., Mosny A.Y., Ritterband D.C., Seedor J.A. Pars plana tube insertion of glaucoma drainage implants and penetrating keratoplasty in patients with coexisting glaucoma and corneal disease. *Ophthalmology* 2001; 108:1050–1058. [https://doi.org/10.1016/s0161-6420\(01\)00583-8](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(01)00583-8).
72. Siegner S.W., Netland P.A., Urban R.C. Jr, et al. Clinical experience with the Baerveldt glaucoma drainage implant. *Ophthalmology* 1995; 102:1298–1307. [https://doi.org/10.1016/s0161-6420\(95\)30871-8](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(95)30871-8).
73. Weiner A., Cohn A.D., Balasubramaniam M., et al. Glaucoma tube shunt implantation through the ciliary sulcus in pseudophakic eyes with high risk of corneal decompensation. *J Glaucoma* 2010; 19:405–411. <https://doi.org/10.1097/IJG.0b013e3181bdb52d>.
74. Zhang, Q., Liu Y., Thanapaisa S. The effect of tube location on corneal endothelial cells in patients with Ahmed glaucoma valve. *Ophthalmology* 2021; 128:218–226. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2020.06.050>.
75. Ayyala R.S., Zurakowski D., Smith J.A. A clinical study of the Ahmed glaucoma valve implant in advanced glaucoma. *Ophthalmology* 1998; 105:1968–1976. [https://doi.org/10.1016/S0161-6420\(98\)91049-1](https://doi.org/10.1016/S0161-6420(98)91049-1).
76. Eslami Y., Mohammadi M., Fakhraie G. Ahmed glaucoma valve implantation with tube insertion through the ciliary sulcus in pseudophakic/aphakic eyes. *J Glaucoma* 2014; 23:115–118. <https://doi.org/10.1097/IJG.0b013e318265bc0b>.
77. Imamoglu S., Ercalik N. Y., Beser B. G. Ciliary Sulcus Implantation of Ahmed Valve. *Beyoglu Eye J* 2019; 4(2):115–119. <https://doi.org/10.14744/bej.2019.00710>.
78. Asaoka S., Kasuga T., Matsunaga T. Operative complications of glaucoma drainage implant tube insertion through the sulcus for pseudophakic eye. *J Glaucoma* 2021; 30:169–174. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000001783>.
79. Moreno-Montañés J., Guirao-Navarro C., Argüeso F. Ab interno implantation of glaucoma drainage devices tubes in the posterior chamber. *BMC Ophthalmol* 2020; 20(1):66. <https://doi.org/10.1186/s12886-020-1329-1>.
80. Loayza-Gamboa W., Martel-Ramirez V., Inga-Condezo V. Needle guided ab interno technique for tube insertion through the ciliary sulcus in uncontrolled glaucoma. *Eur J Ophthalmol* 2022; 32:704–708. <https://doi.org/10.1177/11206721211007093>.
81. Moreno-Montañés J., Fantes F., García-Gómez P. Polypropylene suture-guided valve tube for posterior chamber implantation in patients with pseudophakic glaucoma. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34(11):1828–1831. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2008.05.063>.
82. Tojo N., Hayashi A., Consolvo-Ueda T. Baerveldt surgery outcomes: Anterior chamber insertion versus vitreous cavity insertion. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2018; 256:2191–2200. <https://doi.org/10.1007/s00417-018-4116-4>.
83. Sidoti P.A., Dunphy T.R., Baerveldt G. Experience with the Baerveldt glaucoma implant in treating neovascular glaucoma. *Ophthalmology* 1995; 10:1107–1118. [https://doi.org/10.1016/s0161-6420\(95\)30904-9](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(95)30904-9).
84. Tojo N., Nakamura T., Ueda T.C., Yanagisawa S., et al. Results of the Baerveldt® glaucoma implant for neovascular glaucoma patients. *Nippon Ganka Gakkai Zasshi* 2017; 121:138–145. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30080004/>.
85. Tsoukanas D., Xanthopoulos P., Charonis A.C., Theodossiadis P., et al. Heterologous, fresh, human donor sclera as patch graft material in glaucoma drainage device surgery. *J. Glaucoma* 2016; 25:558–564. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000000294>.
86. Tamcelik N., Ozkok A., Sarici A.M. Tenon advancement and duplication technique to prevent postoperative Ahmed valve tube exposure in patients with refractory glaucoma. *Jpn J Ophthalmol* 2013; 57: 359–364. <https://doi.org/10.1007/s10384-013-0249-5>.
87. Van Hoefen Wijsard M., Haan M., Rietveld E., van Rijn L.J. Donor sclera versus bovine pericardium as patch graft material in glaucoma implant surgery and the impact of a drainage suture. *Acta Ophthalmol* 2018; 96:692–698. <https://doi.org/10.1111/aos.13721>.

88. Tanji T.M., Lundy D.C., Minckler D.S., Heuer D.K., et al. Fascia lata patch graft in glaucoma tube surgery. *Ophthalmology* 1996; 103:1309–1312.
[https://doi.org/10.1016/s0161-6420\(96\)30506-x](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(96)30506-x).
89. Brandt J.D. Patch grafts of dehydrated cadaveric dura mater for tube-shunt glaucoma surgery. *Arch Ophthalmol* 1993; 111:1436–1439.
<https://doi.org/10.1001/archoph.1993.01090100144042>.
90. Kugu S., Erdogan G., Sevim M.S., Ozerturk, Y. Efficacy of long scleral tunnel technique in preventing Ahmed glaucoma valve tube exposure through conjunctiva. *Semin Ophthalmol* 2015; 30:1–5.
<https://doi.org/10.3109/08820538.2013.807851>.
91. Singh M., Chew P.T., Tan, D. Corneal patch graft repair of exposed glaucoma drainage implants. *Cornea* 2008; 27:1171–1173.
<https://doi.org/10.1097/ICO.0b013e3181814d15>.
92. Pakravan M., Hatami M., Esfandiari H., Yazdani S., et al. Ahmed glaucoma valve implantation: Graft-free short tunnel small flap versus scleral patch graft after 1-Year follow-up: A randomized clinical trial. *Ophthalmol. Glaucoma* 2018; 1:206–212.
<https://doi.org/10.1016/j.ogla.2018.10.008>.
93. Ma X.H., Du X.J., Liu B., Bi H.S. Modified scleral tunnel to prevent tube exposure in patients with refractory glaucoma. *J Glaucoma* 2016; 25:883–885.
<https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000000463>.
94. Ozdamar A., Aras C., Karacorlu M. Suprachoroidal seton implantation in refractory glaucoma: A novel surgical technique. *J Glaucoma* 2003; 12:354–359.
<https://doi.org/10.1097/00061198-200308000-00010>.
95. Расческов А. Ю. Способ имплантации дренажного клапана для нормализации внутриглазного давления. Патент на изобретение RU 2434613, 17.05.2010.
https://yandex.ru/patents/doc/RU2434613C1_20111127
96. Maki H., Mori S., Imai H. Autologous Scleral Pocket Technique for Ahmed Glaucoma Valve Implantation with Pars Plana Tube Insertion for Neovascular Glaucoma. *J Clin Med* 2021; 10:1606.
<https://doi.org/10.3390/jcm10081606>.
97. Iwasaki K., Arimura S., Takihara Y. Prospective cohort study of corneal endothelial cell loss after Baerveldt glaucoma implantation. *PLoS ONE* 2018; 13:e0201342.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201342>.
98. Mori S., Sotani N., Ueda K., Sakamoto M., et al. Three-year outcome of sulcus fixation of Baerveldt glaucoma implant surgery. *Acta Ophthalmol* 2021; 99(8):1435–1441.
<https://doi.org/10.1111/aos.14839>.
99. Elbaklish K. H., Gomaa W. A. A One-Year Follow-Up of Two Ahmed Glaucoma Valve Models (S2 and FP7) for Refractory Glaucoma: A Prospective Randomized Trial. *Clin Ophthalmol* 2020; 14:693–705.
<https://doi.org/10.2147/OPHT.S224653>.
100. Eibschitz-Tsimhoni M., Schertzer R.M., Musch D.C., Moroi SE. Incidence and management of encapsulated cysts following Ahmed glaucoma valve insertion. *J Glaucoma* 2005; 14(4):276–279.
<https://doi.org/10.1097/01.jig.0000169391.94555.c1>.
101. Ozalp O., Ilguay S., Atalay E., Simsek T., et al. Risk factors for hypertensive phase after Ahmed glaucoma valve implantation. *Int Ophthalmol* 2022; 42(1):147–156.
<https://doi.org/10.1007/s10792-021-02009-3>.
102. Pitukcheewanont O., Tantisevi V., Chansangpetch S., Rojanapongpun P. Factors related to hypertensive phase after glaucoma drainage device implantation. *Clin Ophthalmol* 2018; 12:1479–1486.
<https://doi.org/10.2147/OPHT.S166244>.
103. Quaranta L., Floriani I., Hollander L., Poli D., et al. Needle revision with 5-fluorouracil for the treatment of Ahmed glaucoma valve filtering blebs: 5-fluorouracil needling revision can be a useful and safe tool in the management of failing Ahmed glaucoma valve filtering blebs. *J Glaucoma* 2016; 25(4):e367–371.
<https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000000366>.
104. Shah A.A., WuDunn D., Cantor L.B. Shunt revision versus additional tube shunt implantation after failed tube shunt surgery in refractory glaucoma. *Am J Ophthalmol* 2000; 129:455–460.
[https://doi.org/10.1016/s0002-9394\(99\)00410-9](https://doi.org/10.1016/s0002-9394(99)00410-9).
105. Lee S. E., Kim K. N., Kim W. J., et al. Encapsulated Bleb Excision with Collagen Matrix Implantation Following Failed Ahmed Glaucoma Valve Implantation. *Korean J Ophthalmol* 2019; 33(3):214–221.
<https://doi.org/10.3341/kjo.2018.0110>.
106. Жаворонков С.А., Гурьева Н.В., Югай А.Г., Махмутов В.Ю., и др. Применение ПТФЭ мембран для профилактики фибрирования при имплантации Ahmed дренажа при рефрактерной глаукоме. *Офтальмология* 2016; 13(3):151–156.
<https://doi.org/10.18008/1816-5095-2016-3-151-156>.
88. Tanji T.M., Lundy D.C., Minckler D.S., Heuer D.K., et al. Fascia lata patch graft in glaucoma tube surgery. *Ophthalmology* 1996; 103:1309–1312.
[https://doi.org/10.1016/s0161-6420\(96\)30506-x](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(96)30506-x).
89. Brandt J.D. Patch grafts of dehydrated cadaveric dura mater for tube-shunt glaucoma surgery. *Arch Ophthalmol* 1993; 111:1436–1439.
<https://doi.org/10.1001/archoph.1993.01090100144042>.
90. Kugu S., Erdogan G., Sevim M.S., Ozerturk, Y. Efficacy of long scleral tunnel technique in preventing Ahmed glaucoma valve tube exposure through conjunctiva. *Semin Ophthalmol* 2015; 30:1–5.
<https://doi.org/10.3109/08820538.2013.807851>.
91. Singh M., Chew P.T., Tan, D. Corneal patch graft repair of exposed glaucoma drainage implants. *Cornea* 2008; 27:1171–1173.
<https://doi.org/10.1097/ICO.0b013e3181814d15>.
92. Pakravan M., Hatami M., Esfandiari H., Yazdani S., et al. Ahmed glaucoma valve implantation: Graft-free short tunnel small flap versus scleral patch graft after 1-Year follow-up: A randomized clinical trial. *Ophthalmol. Glaucoma* 2018; 1:206–212.
<https://doi.org/10.1016/j.ogla.2018.10.008>.
93. Ma X.H., Du X.J., Liu B., Bi H.S. Modified scleral tunnel to prevent tube exposure in patients with refractory glaucoma. *J Glaucoma* 2016; 25:883–885.
<https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000000463>.
94. Ozdamar A., Aras C., Karacorlu M. Suprachoroidal seton implantation in refractory glaucoma: A novel surgical technique. *J Glaucoma* 2003; 12:354–359.
<https://doi.org/10.1097/00061198-200308000-00010>.
95. Raschekov A. Yu. Method of glaucoma valve implantation for intraocular pressure normalization. RUS Patent 2434613, 2010 May 17.
https://yandex.ru/patents/doc/RU2434613C1_20111127
96. Maki H., Mori S., Imai H. Autologous Scleral Pocket Technique for Ahmed Glaucoma Valve Implantation with Pars Plana Tube Insertion for Neovascular Glaucoma. *J Clin Med* 2021; 10:1606.
<https://doi.org/10.3390/jcm10081606>.
97. Iwasaki K., Arimura S., Takihara Y. Prospective cohort study of corneal endothelial cell loss after Baerveldt glaucoma implantation. *PLoS ONE* 2018; 13:e0201342.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201342>.
98. Mori S., Sotani N., Ueda K., Sakamoto M., et al. Three-year outcome of sulcus fixation of Baerveldt glaucoma implant surgery. *Acta Ophthalmol* 2021; 99(8):1435–1441.
<https://doi.org/10.1111/aos.14839>.
99. Elbaklish K. H., Gomaa W. A. A One-Year Follow-Up of Two Ahmed Glaucoma Valve Models (S2 and FP7) for Refractory Glaucoma: A Prospective Randomized Trial. *Clin Ophthalmol* 2020; 14:693–705.
<https://doi.org/10.2147/OPHT.S224653>.
100. Eibschitz-Tsimhoni M., Schertzer R.M., Musch D.C., Moroi SE. Incidence and management of encapsulated cysts following Ahmed glaucoma valve insertion. *J Glaucoma* 2005; 14(4):276–279.
<https://doi.org/10.1097/01.jig.0000169391.94555.c1>.
101. Ozalp O., Ilguay S., Atalay E., Simsek T., et al. Risk factors for hypertensive phase after Ahmed glaucoma valve implantation. *Int Ophthalmol* 2022; 42(1):147–156.
<https://doi.org/10.1007/s10792-021-02009-3>.
102. Pitukcheewanont O., Tantisevi V., Chansangpetch S., Rojanapongpun P. Factors related to hypertensive phase after glaucoma drainage device implantation. *Clin Ophthalmol* 2018; 12:1479–1486.
<https://doi.org/10.2147/OPHT.S166244>.
103. Quaranta L., Floriani I., Hollander L., Poli D., et al. Needle revision with 5-fluorouracil for the treatment of Ahmed glaucoma valve filtering blebs: 5-fluorouracil needling revision can be a useful and safe tool in the management of failing Ahmed glaucoma valve filtering blebs. *J Glaucoma* 2016; 25(4):e367–371.
<https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000000366>.
104. Shah A.A., WuDunn D., Cantor L.B. Shunt revision versus additional tube shunt implantation after failed tube shunt surgery in refractory glaucoma. *Am J Ophthalmol* 2000; 129:455–460.
[https://doi.org/10.1016/s0002-9394\(99\)00410-9](https://doi.org/10.1016/s0002-9394(99)00410-9).
105. Lee S. E., Kim K. N., Kim W. J., et al. Encapsulated Bleb Excision with Collagen Matrix Implantation Following Failed Ahmed Glaucoma Valve Implantation. *Korean J Ophthalmol* 2019; 33(3):214–221.
<https://doi.org/10.3341/kjo.2018.0110>.
106. Zhavoronkov S.A., Gureva N.V., Yugai A.G., Makhmutov V.Y., Yugai S.A. The use of PTFE membranes with Ahmed Glaucoma Valve for treatment refractive glaucoma. *Ophthalmology in Russ* 2016; 13(3):151–156.
<https://doi.org/10.18008/1816-5095-2016-3-151-156>.

107. Расческов А. Ю. Способ профилактики рубцевания фильтрационной подушки при проведении антиглаукоматозных операций с имплантацией дренажа клапанного типа Ahmed. Заявка на патент 2022122598/14 от 27.06.2022.
108. Pham C., Radcliffe N. M., Vu D. M. Surgical outcomes associated with a sutureless drainage valve implantation procedure in patients with refractory glaucoma. *Clin Ophthalmol* 2018; 12:2607–2615. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S186369>.
109. Alvarado J.A., Hollander D.A., Juster R.P., Lee L.C. Ahmed valve implantation with adjunctive mitomycin C and 5-fluorouracil: long-term outcomes. *Am J Ophthalmol* 2008; 146(2):276–284. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2008.04.008>.
110. Mahdy R.A.R. Adjunctive use of bevacizumab versus mitomycin C with Ahmed valve implantation in treatment of pediatric glaucoma. *J Glaucoma* 2011; 20(7):458–463. <https://doi.org/10.1097/IJG.0b013e3181efbea5>.
111. Yazdani S., Mahboobipour H., Pakravan M., Doozandeh A., et al. Adjunctive Mitomycin C or amniotic membrane transplantation for Ahmed glaucoma valve implantation: a randomized clinical trial. *J Glaucoma* 2016; 25(5):415–421. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000000256>.
112. Costa V.P., Azuara-Blanco A., Netland P.A., Lesk M.R., et al. Efficacy and safety of adjunctive mitomycin C during Ahmed glaucoma valve implantation: a prospective randomized clinical trial. *Ophthalmology* 2004; 111(6):1071–1076. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2003.09.037>.
113. Al-Mobarak F., Khan A.O. Two-year survival of Ahmed valve implantation in the first 2 years of life with and without intraoperative mitomycin-C. *Ophthalmology* 2009; 116(10):1862–1865. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2009.03.030>.
114. Chaku M., Netland P.A., Ishida K., Rhee D.J. Risk factors for tube exposure as a late complication of glaucoma drainage implant surgery. *Clin Ophthalmol* 2016; 10:547–553. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S104029>.
115. Scott G.R., Weizer J.S., Moroi S.E., et al. Can topical ketorolac 0.5% improve the function of Ahmed glaucoma drainage devices? *Ophthalmic Surg Lasers Imaging* 2011; 42:190–195. <https://doi.org/10.3928/15428877-20110324-03>.
116. Almatlough A., Bach-Holm D., Kessel L. Steroids and nonsteroidal anti-inflammatory drugs in the postoperative regime after trabeculectomy which provides the better outcome? A systematic review and meta-analysis. *Acta Ophthalmol* 2019; 97:146–157. <https://doi.org/10.1111/aos.13919>.
117. Kao B.W., Fong C.W., Yu Y., Ying G.S., et al. Surgical Outcomes of Ahmed Glaucoma Valve Implantation with Postoperative Use of Prednisolone Acetate versus Difluprednate. *Ophthalmol Glaucoma* 2022; 5(5):468–475. <https://doi.org/10.1016/j.ogla.2022.03.003>.
107. Rascheskov A. Yu. Method of encapsulated bleb scarring preventing in Ahmed glaucoma valve implantation. Patent application 2022122598/14 dated 06/27/2022.
108. Pham C., Radcliffe N. M., Vu D. M. Surgical outcomes associated with a sutureless drainage valve implantation procedure in patients with refractory glaucoma. *Clin Ophthalmol* 2018; 12:2607–2615. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S186369>.
109. Alvarado J.A., Hollander D.A., Juster R.P., Lee L.C. Ahmed valve implantation with adjunctive mitomycin C and 5-fluorouracil: long-term outcomes. *Am J Ophthalmol* 2008; 146(2):276–284. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2008.04.008>.
110. Mahdy R.A.R. Adjunctive use of bevacizumab versus mitomycin C with Ahmed valve implantation in treatment of pediatric glaucoma. *J Glaucoma* 2011; 20(7):458–463. <https://doi.org/10.1097/IJG.0b013e3181efbea5>.
111. Yazdani S., Mahboobipour H., Pakravan M., Doozandeh A., et al. Adjunctive Mitomycin C or amniotic membrane transplantation for Ahmed glaucoma valve implantation: a randomized clinical trial. *J Glaucoma* 2016; 25(5):415–421. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000000256>.
112. Costa V.P., Azuara-Blanco A., Netland P.A., Lesk M.R., et al. Efficacy and safety of adjunctive mitomycin C during Ahmed glaucoma valve implantation: a prospective randomized clinical trial. *Ophthalmology* 2004; 111(6):1071–1076. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2003.09.037>.
113. Al-Mobarak F., Khan A.O. Two-year survival of Ahmed valve implantation in the first 2 years of life with and without intraoperative mitomycin-C. *Ophthalmology* 2009; 116(10):1862–1865. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2009.03.030>.
114. Chaku M., Netland P.A., Ishida K., Rhee D.J. Risk factors for tube exposure as a late complication of glaucoma drainage implant surgery. *Clin Ophthalmol* 2016; 10:547–553. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S104029>.
115. Scott G.R., Weizer J.S., Moroi S.E., et al. Can topical ketorolac 0.5% improve the function of Ahmed glaucoma drainage devices? *Ophthalmic Surg Lasers Imaging* 2011; 42:190–195. <https://doi.org/10.3928/15428877-20110324-03>.
116. Almatlough A., Bach-Holm D., Kessel L. Steroids and nonsteroidal anti-inflammatory drugs in the postoperative regime after trabeculectomy which provides the better outcome? A systematic review and meta-analysis. *Acta Ophthalmol* 2019; 97:146–157. <https://doi.org/10.1111/aos.13919>.
117. Kao B.W., Fong C.W., Yu Y., Ying G.S., et al. Surgical Outcomes of Ahmed Glaucoma Valve Implantation with Postoperative Use of Prednisolone Acetate versus Difluprednate. *Ophthalmol Glaucoma* 2022; 5(5):468–475. <https://doi.org/10.1016/j.ogla.2022.03.003>.

26 января на 78-ом году жизни после тяжёлой и продолжительной болезни ушёл из жизни доктор медицинских наук, профессор Алексеев Владимир Николаевич.

Владимир Николаевич родился 5 февраля 1945 г., в Ленинграде. В 1968 году закончил 1 Ленинградский медицинский институт и навсегда связал свою жизнь с офтальмологией. После окончания ординатуры и аспирантуры на кафедре офтальмологии Ленинградского санитарно-гигиенического медицинского института (ЛСГМИ), досрочно защитив досрочно кандидатскую диссертацию на тему «Отслойка сосудистой оболочки при антиглаукомных операциях», с 1973 года до последнего дня жизни работал на кафедре офтальмологии ставшего для него родным ныне ФГБОУ ВО «СЗГМУ имени И.И. Мечникова» МЗ РФ. С 1973 года работал вначале ассистентом, с 1984 года — доцентом. В 1988 году Владимир Николаевич защитил докторскую диссертацию на тему «Осложнения и причины неудач хирургии глаукомы (прогноз, профилактика, лечение)».

В 1989–1990 годы приобрел уникальный клинический опыт, работая зарубежом, где им было выполнено более 600 глазных операций и пролечено большое количество больных с различной, зачастую экзотической патологией.

С 1990 по 2014 г. В.Н. Алексеев возглавлял кафедру офтальмологии ЛСГМИ, после 2014 года был ее профессором. Кафедра под его руководством, одна из первых в стране, стала изучать самые сложные вопросы глаукомы, свободно-радикальное окисление и роль антиоксидантной системы в патогенезе глаукомы, начала разработку компьютеризированных программ ранней диагностики, качественной и количественной



Алексеев Владимир Николаевич

оценки стабилизации глаукомного процесса, уделяла большое внимание подготовке студентов и клинических ординаторов, освоению ими практических навыков.

Владимир Николаевич был авторитетным учёным, добившимся выдающихся результатов и признания не только в России, но и в мире. Всю свою профессиональную жизнь посвятил борьбе с глаукомой. Им опубликовано более 500 научных работ, 11 монографий, нескольких глав в двух Национальных руководствах, зарегистрировано 5 патентов и 17 рационализаторских предложений. В.Н. Алексеев воспитал плеяду последователей, обладал огромным творческим потенциалом, научной прозорливостью и врачебным опытом, бескорыстно делился своими знаниями с коллегами и учениками. Под его руководством были защищены 36 кандидатских и 4 докторских диссертации. Многие годы Владимир Николаевич был членом диссертационного совета в ФГБ ВО

УВО «Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова», членом правления Общества офтальмологов России, членом президиума Российского глаукомного общества, входил в состав редколлегий ведущих офтальмологических журналов: «Клиническая офтальмология», «Национального журнала глаукома», «Белорусский офтальмологический журнал».

За выдающийся вклад в фундаментальные научные исследования и работу «Современные морфологические данные об изменениях заднего отрезка глаза при экспериментальной глаукоме» В.Н. Алексеев был удостоен гранта Российского глаукомного общества и медалью «Академик Аркадий Павлович Нестеров», с присвоением почетного звания «Лауреат премии Российского глаукомного общества», награжден медалью «В память 300-летия Санкт-Петербурга».

Под руководством В.Н. Алексеева была организована ежегодная Российская глаукомная школа и научно-практическая конференция «Глаукома: теория и практика. Горизонты нейропротекции», ставшая ежегодным востребованным научным мероприятием.

Владимир Николаевич был талантливым ученым, умным разносторонне образованным человеком, мудрым наставником, добрым другом, прекрасным семьянином. Светлая память о нем навсегда сохранится в сердцах его учеников, последователей и коллег. Выражаем глубокие соболезнования родным и близким.

Редакция «Национального журнала глаукома» искренне разделяет тяжесть и горечь утраты настоящего ученого, исследователя, педагога, учителя, врача, хорошего человека — профессора Алексева Владимира Николаевича.

Современная ОФТАЛЬМОЛОГИЯ

ПРОТИВОГЛАУКОМНЫЕ ПРЕПАРАТЫ



НПВП



МИДРИАТИЧЕСКИЙ
ПРЕПАРАТ



СОСУДОСУЖИВАЮЩЕЕ,
ПРОТИВООТЕЧНОЕ СРЕДСТВО



реклама

ИМЕЮТСЯ ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ.
НЕОБХОДИМО ПРОКОНСУЛЬТИРОВАТЬСЯ СО СПЕЦИАЛИСТОМ

Северная
ЗВЕЗДА
Нам доверяют!

ПОЛИПЕПТИДНАЯ
СИСТЕМА-
СПАСАЕТ СЕТЧАТКУ
НА МОЛЕКУЛЯРНОМ УРОВНЕ.

РЕТИНАЛАМИН



- Имеет уникальный состав - систему тканеспецифичных полипептидных фракций^{1,2}
- Доказанно проникает в ткани глаза³
- Эффективно взаимодействует с рецепторами сетчатки на молекулярном уровне⁴
- Влияет на ключевые механизмы дегенерации и функциональных нарушений при любой патологии сетчатки⁵



ГЕРОФАРМ

geroPHarm.ru

ОТПУСКАЕТСЯ ПО РЕЦЕПТУ ВРАЧА. ИМЕЮТСЯ ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ. ПЕРЕД ПРИМЕНЕНИЕМ ОЗНАКОМЬТЕСЬ С ИНСТРУКЦИЕЙ.

1. Инструкция по применению лекарственного препарата для медицинского применения РЕТИНАЛАМИН®, Рег. уд. ЛС-000684 от 05.02.2016

2. Хавинсон В.Х., Малинин В.В., Трофимова С.В., Земчихина Б.Н. Индукционная активность пептидов сетчатки//Бюлл. Эксп.биол. Мед. 2002. Т. 134, №11. – С. 560-563

3. Отчет о научно-исследовательской работе «Экспериментальное доклиническое исследование биораспределения Ретиналамина на лабораторных животных с применением метода радиоактивной метки йодом 125», 2021 г

4. Отчет о научно-исследовательской работе «Лиганд-рецепторное взаимодействие Ретиналамина (In Vitro)», 2021 г

5. Отчет о научно-исследовательской работе «Экспериментальное изучение фармакологической активности препарата Ретиналамин на модели ретинопатии», Anna Pobeda, Anna Kalatanova, НИИ Фармакологии живых систем НИУ «БелГУ», 2021 г