



## #4(116)-2017

Выходит один раз в два месяца

### Редакционный совет

**Л.К. Мошетова**, д.м.н., проф., академик РАН, заслуженный врач РФ, член экспертного совета ВАК, главный офтальмолог Департамента здравоохранения Москвы, ректор РМАПО, зав. кафедрой офтальмологии РМАПО (Москва)

**Е.С. Либман**, д.м.н., проф., заслуженный деятель науки РФ, академик РАЕН, РАМТН и Нью-Йоркской АН, почетный член ООР, почетный руководитель научно-методологического отдела ФГУ «Федеральное бюро медико-социальной экспертизы» (Москва)

**С.Э. Аветисов**, д.м.н., проф., академик РАН, член-корреспондент РАЕН, научный руководитель ФГБУ «НИИ ГБ», зав. кафедрой глазных болезней Московской медицинской академии им. И.М. Сеченова (Москва)

**А.В. Хватова**, д.м.н., проф., заслуженный врач РФ, заслуженный деятель науки РФ, член Нью-Йоркской АН, главный консультант директора ФГУ «Московский НИИ глазных болезней им. Гельмгольца Минздравсоцразвития РФ» по детской офтальмологии (Москва)

**В.Н. Иванидзе**, к.т.н., президент Независимой оптической ассоциации, генеральный директор ЗАО «ИнтерОПТИК» (Москва)

**Т.В. Ставицкая**, д.м.н., проф. кафедры офтальмологии НОУ «Московский стоматологический институт», генеральный директор ООО «Центр охраны зрения "Доктор Оптикус"» (Москва)

**М.Р. Andre**, MD, OD, директор отдела Academic Development компании CooperVision, адъюнкт-профессор факультета оптометрии Pacific University (США, штат Орегон, г. Форест Гроув)

**Р.Ж. Caroline**, MD, OD, профессор, медицинский консультант Polymer Technology Corp. и Paragon Vision Sciences (США)

### Редакционная коллегия

**В.Г. Лихванцева**, д.м.н., профессор кафедры глазных болезней факультета фундаментальной медицины МГУ им. М.В. Ломоносова (Москва)

**Т.Д. Абугова**, к.м.н., главный врач группы компаний «Оптик Сити», медицинский консультант ООО «Мед-Ин» (Москва)

**Б.А. Нисан**, д.м.н., действительный член IACLE и Европейской академии естественных наук, ведущий эксперт Департамента здравоохранения г. Москвы

**С.В. Симонова**, к.м.н., зав. организационно-методическим отделом по офтальмологии Департамента здравоохранения г. Москвы

**Е.А. Линник**, к.м.н. (Москва)

**Е.А. Корнилова**, к.м.н., главный врач ОАО «Московское объединение «Оптика»» (Москва)

**О.Г. Мурашова**, к.м.н., зав. лабораторией контактной коррекции зрения Московской офтальмологической клинической больницы (МОКБ)

**Главный редактор:** Лихванцева Вера Геннадьевна

**Выпускающий редактор:** Кузмин Дмитрий Владимирович

**Арт-директор:** Юшин Владимир Александрович

**Реклама и маркетинг:** Гаврилов Андрей Сергеевич

Россия, 107241, Москва, Щелковское шоссе, д.47, к.2, кв.73.

Тел.: (495) 795-41-24; e-mail:

mag\_glaz@yahoo.com http://glazmag.ru

Russia, 107241, Moscow, Russian Federation, Shchelkovskoye Road, 47, building 2, apartment 73.

Tel.: (495) 795-41-24;

e-mail: mag\_glaz@yahoo.com http://glazmag.ru

**Учредители:** Гаврилов А.С., Юшин В.А.; **тираж:** 1500 экз.; **дата выхода:** 04.09.17; **цена:** свободная; **типография:** 125412, г. Москва, ул. Ижорская, д.13, стр.2 000 «Печатный салон ШАНС»

Журнал зарегистрирован Комитетом РФ по печати.

Свидетельство о регистрации № 017278 от 04.03.1998 г.

© 2017 г. «ГЛАЗ». Все права защищены. Полное или частичное воспроизведение или размножение материалов, опубликованных в настоящем издании, допускается только с письменного разрешения редакции журнала «ГЛАЗ».

## В НОМЕРЕ:

### Новости

стр. 2

**Новости оптометрии**

стр. 6

**Новости оптического бизнеса. В России Essilor и Luxottica продолжают работать как две независимые компании**

### Оптометрия

стр. 9

**Певко Д. В.**

**Аберрации в оптической системе глаза**

стр. 18

**Кушель Т. К.**

**Бифокальные очковые линзы**

### Офтальмофармакология

стр. 23

**Резбаева Г. Н., Гатиятуллина С. Р.**

**Современные аспекты применения антиоксидантов в офтальмологической практике**

### Выставки, конференции, семинары

стр. 27

**День зрения – 2017. 19–20 мая, отель Radisson, г. Калининград**

стр. 28

**XIV Юбилейная Всероссийская научная конференция с международным участием «Федоровские чтения – 2017». 15–16 июня 2017 г., МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова, г. Москва**

### Офтальмохирургия

стр. 31

**Мягих А. И., Субботин Е. А., Клименко З. С.**

**«Транс-ФРК»: новые горизонты**

### Полемика

стр. 38

**Кошиц И. Н., Светлова О. В.**

**Ответ на критический отклик физика А. И. Мягих на наши статьи [1, 2]**

НОВОСТИ ОПТОМЕТРИИ

**Итоги 2016 года от GfK: рост популярности однодневных МКЛ в США**

В конце мая исследовательская компания GfK опубликовала данные о продажах контактных линз в США. Заметно популярнее стали однодневные мягкие контактные линзы. Это благоприятно сказывается на доходе оптических салонов, хотя общее число пользователей КЛ не изменилось.

Данные о продажах собирались у врачей и оптометристов по всей территории Соединенных Штатов. В январе 2017 года ежемесячные продажи однодневных МКЛ превысили продажи месячных линз. В январе 2017 года одноразовые линзы занимали 38,1% рынка США (31,5% в январе прошлого года). Для сравнения: в 2012 году на их долю приходилось всего 17,9%.

GfK сообщает, что сегмент однодневных линз растет быстрее всего по сравнению с остальными. Постоянно появляющиеся новые продукты продолжают стимулировать рост продаж. В 2016 году он составил 42% в этой категории КЛ по сравнению с 2015 годом. За прошлый год продажи однодневных мультифокальных линз увеличились на 45,4%, причем этот рост примерно на три четверти обусловлен появлением продуктов, выпущенных в 2015 году. Таким образом, инновации в самом деле приносят плоды.

Однако по-прежнему непросто увеличить число новых пользователей и предотвратить отказ от ношения КЛ. В 2016 году доля первичных подборов контактных линз (21%) немного снизилась по сравнению с предыдущим годом, и эта тенденция заметна уже 4 года подряд. Общее число пользователей также уменьшилось на 0,3% по сравнению с 2015 годом.

По данным GfK FITS, с 2015 по 2016 год на 3,6% выросла популярность торических КЛ, причем со всеми режимами замены: ежедневным, ежемесячным и недельным. Это говорит об общем росте этой категории. Новые торические линзы, которые должны появиться на рынке в 2017 году, дадут пациентам с астигматизмом еще больше возможностей и помогут привлечь новых пользователей.



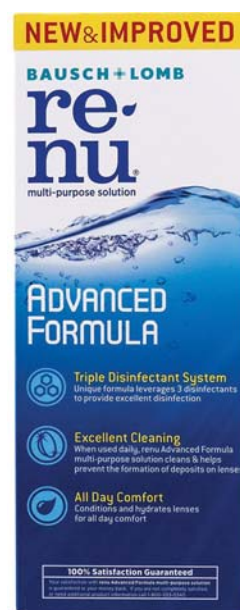
**Renu Advanced Formula: подробные сведения о новом МФР**

В июне компания Bausch + Lomb объявила о начале производства многофункционального раствора Renu Advanced Formula, предназначенного для МКЛ всех типов, включая силиконгидрогелевые. Как мы уже писали, новая формула сочетает в себе три дезинфицирующих средства и

два поверхностно-активных вещества, что обеспечивает отличную очистку и дезинфекцию линз, а также комфорт в течение всего дня.

Renu Advanced Formula – стерильный изотонический раствор, содержащий полоксамин, полоксамер 181, диглицин, цитрат натрия, борную кислоту, борат натрия, динатрия эдетат и хлорид натрия. В новом МФР используется тройная система дезинфекции: полиаминопропил бигуанид 0,00005%, поликватерний 0,00015% и алексидин 0,0002%. По утверждению производителя, новая формула убивает 99,9% микробов, помогает предотвратить образование отложений на КЛ при их ежедневном использовании и увлажняет линзы в течение 20 часов.

Новый раствор Renu Advanced Formula станет единственным представителем бренда Renu: с июня 2017 года он постепенно полностью заменит Renu Sensitive и Renu Fresh в крупных розничных сетях. Дополнительную информацию можно получить на сайте производителя: <http://www.bausch.com/renuadvancedformula>.



**Allergan представляет обновленную версию Optive Mega-3**

В июле компания Allergan plc начала выпуск нового препарата искусственной слезы Refresh Optive Mega-3. В состав этих глазных капель входит льняное и касторовое масла, два натуральных растительных масла, которые защищают слезу от испарения и питают липидный слой, поврежденный при синдроме сухого глаза. Обеспечивается также необходимое увлажнение.

Как и во всех рецептурах Refresh Optive, в Optive Mega-3 содер-



# AIR OPTIX® PLUS HYDRAGLYDE

СЛИЯНИЕ ДВУХ УНИКАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ<sup>1</sup>  
ДЛЯ БОЛЬШЕГО УВЛАЖНЕНИЯ<sup>2</sup>  
И ПОСТОЯННОГО КОМФОРТА<sup>3</sup>



## ДЛИТЕЛЬНОЕ УВЛАЖНЕНИЕ<sup>2</sup>

Увлажняющая матрица HYDRAGLYDE® встраивается в материал линзы, формируя прочный увлажняющий слой на поверхности. ДЛЯ КОМФОРТА С УТРА ДО ПОЗДНЕГО ВЕЧЕРА<sup>4</sup>



## ЗАЩИТА ПОВЕРХНОСТИ<sup>5</sup>

Создает защитный барьер на поверхности линзы, препятствующий накоплению отложений<sup>5</sup> и воздействию косметики<sup>6</sup>. ДЛЯ КОМФОРТА С 1 ПО 30 ДЕНЬ<sup>3</sup>



ЛЕГКО ЗАБЫТЬ, ЧТО ТЫ В ЛИНЗАХ<sup>3</sup>



1. Увлажняющая матрица HydraGlyde: Патент US8318144 B2 от 27 ноября 2012. Технология SmartShield™: Патент US7078074 B2 от 18 июля 2006. 2. In vitro оценка смачиваемости через 16 часов; данные исследований Алкон, 2015. 3. Lemp J., Kern J. A Comparison of Real Time and Recall Comfort Assessments. Постер представлен на ААО, Ноябрь 2016. 4. Данные исследований Алкон, 2016. 5. Nash W., Gabriel M. Ex vivo analysis of cholesterol deposition for commercially available silicone hydrogel contact lenses using a fluorometric enzymatic assay. Eye Contact Lens. 2014;40:277-282. 6. Luensmann D., Yu M., Yang J., Srinivasan S., Jones L. Impact of cosmetics on the physical dimension and optical performance of silicone hydrogel contact lenses. Eye Contact Lens. 2015;41(4):218-227. \*Согласно базам данных ООО «Ай Эм Эс Хэлс» "Розничный аудит ГЛС и БАД в РФ", ООО «Алкон Фармацевтика» является лидером по объему в денежном выражении в рублях в розничных ценах в группе S01 «ПРЕПАРАТЫ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ ГЛАЗ» (классификация ЕрМРА) по итогам 2016 г. ООО «Алкон Фармацевтика», 125315, г. Москва, пр. Ленинградский, д. 72, корп. 3 Тел.: +7 (495) 775-68-69; +7 (495) 961-13-33. Факс: +7 (495) 961-13-39 RUS17AON026 Май 2017

СИЛИКОН-ГИДРОГЕЛЕВЫЕ КОНТАКТНЫЕ ЛИНЗЫ МЕСЯЧНОЙ ЗАМЕНЫ С ЗАЩИТОЙ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ<sup>5</sup> И ДЛИТЕЛЬНОМ УВЛАЖНЕНИЕМ<sup>2</sup>

**Alcon** A Novartis Division

ИНФОРМАЦИЯ ПРЕДНАЗНАЧЕНА ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ И ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ

жится карбоксиметилцеллюлоза – активная смазка. Все продукты Optive основаны на запатентованной осмопротекторной формуле, включающей в себя три совместимых растворителя: глицерин, L-карнитин и эритрит. Все они обеспечивают дополнительную защиту эпителиальных клеток роговицы от гипертонического стресса. Refresh Optive Mega-3 содержит еще один, четвертый осмопротектор – трегалозу. Новые глазные капли выпускаются в одноразовых флаконах по 30 штук.



### Johnson & Johnson Vision приобретает TearScience

В начале августа компания Johnson & Johnson Vision объявила, что достигнуто окончательное соглашение о приобретении TearScience, Inc. Это производитель устройства, предназначенного для оценки состояния мейбомиевых желез и лечения их дисфункции. Покупка TearScience – очередной шаг Johnson & Johnson для расширения набора продуктов, связанных со здоровьем глаз. Продукция компании TearScience одобрена FDA и продается как в Соединенных Штатах, так и на основных рынках по всему миру.

Формально покупка будет оформлена через Abbott Medical Optics Inc., еще одно подразделение Johnson & Johnson Vision. Финансовые условия сделки не разглашаются. Ожидается, что она завершится к концу года.

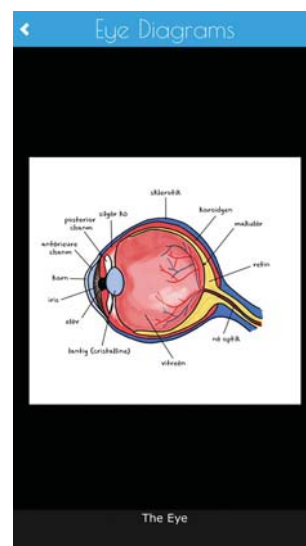
### Приложение OpTranslate доступно в магазинах Apple и Google Play

OpTranslate – новое мобильное приложение, помогающее оптометристам проводить глазное обследование пациентов. Оно совместимо со смартфонами и планшетами iPhone, iPad и Android. Программа создана Дмитрием Рихтером, студентом третьего курса Колледжа оптометрии Новой Англии (NECO). Студентка NECO Ева Хо разработала графический интерфейс, а другая студентка Виктория Ганьон подготовила тексты для французской версии. Выпускник NECO д-р Джейсон Чин помог в создании раздела по контактным линзам. Сейчас приложение доступно для перевода с английского на испанский, французский и португальский языки. Вскоре должны появиться версии для хинди, русского, китайского, корейского и вьетнамского языков.

Приложение OpTranslate рассчитано на стандартное глазное обследование, разделенное на 6 этапов. Дополнительные разделы – обследование перед подбором контактных линз, оценка би-

нокулярного зрения и запись уже имеющихся диагнозов. Программа была создана для того, чтобы облегчить англоязычным оптометристам работу с пациентами, не владеющими английским языком. Текстовые подсказки, рисунки с подписями, а также другие средства обучения очень облегчают общение между врачами и пациентами в ходе обследования. Другие достоинства программы – простой и интуитивно понятный интерфейс, полный словарь терминов и готовые наборы вопросов для каждого этапа обследования.

По словам Дмитрия Рихтера, OpTranslate не может полностью заменить профессионального медицинского переводчика. Тем не менее, это отличное подспорье для общения, если оптометрист и пациент говорят на разных языках. Приложение не содержит никакой рекламной информации. Оно доступно по всему миру в онлайн-магазинах Apple и Google Play. Стоимость OpTranslate составляет 4,99 доллара. Абонплата и платные обновления не предусмотрены.



### Институт зрения Брайена Холдена запускает онлайн-курс по миопии


В августе Институт зрения Брайена Холдена представил онлайн-курс под названием «Управление миопией». Это позволит познакомиться специалистов с последними достижениями в этой области, сделать полученные новые данные клинически значимыми для всех практикующих контактологов. После окончания курса у слушателей будут все знания, необходимые для того, чтобы замедлить прогрессирование миопии у своих пациентов. Цель обучения – связать новые теории с повседневной практикой. Курс включает 14 учебных видеороликов и восемь интерактивных тематических исследований. Кроме того, 31 августа состоится интерактивный вебинар. Весь контент доступен онлайн, для участия достаточно иметь ноутбук, планшет или мобильное устройство. Курс займет около 5 часов, включая участие в вебинаре. Вся информация о курсе и форма регистрации опубликована на сайте института: <https://academy.brienholdenvision.org/browse/usa/courses/myopia>.

Biofinity® + Synergi® = Комфорт<sup>1</sup>




**Линзы 3 поколения Biofinity®** – это премиальное сочетание комфорта, здоровья и качества зрения

Формула **без консервантов** для чувствительных глаз


**48%**  Естественно увлажненная линза без использования увлажняющих агентов и специальных покрытий.

**0%**  0% роговичного прокрашивания<sup>2</sup>.

**160**  Dk/t Высокая кислородная проницаемость для здоровья и белизны глаз.

**2-**  компонентное увлажнение.

**0.75**  мПа Мягкость для комфортного ношения.

**ОхiроI™**  Мощная дезинфекция с технологией ОхiроI™ тройного действия.

1. Использование Biofinity® с раствором Synergi® отвечает потребностям пациентов в комфорте.

2. Eurolens Research, Clinical Study Report S07-412 September 2007. Section 3.7, p. 19-22, table 9 p. 22.

Средство по уходу за контактными линзами Synergi®. Рег. уд. № ФСЗ 2011/08910 от 18.05.2017 г.

Контактные линзы Biofinity® Рег. уд. № РЗН 2011/11302 от 06.08.2012 г.

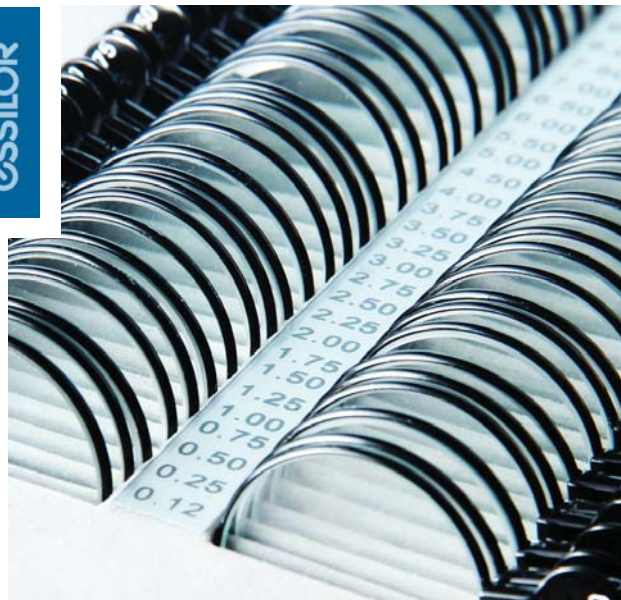
Synergi/07.17/1 Информация для специалистов.



CooperVision®  
Живи ярко

## В России Essilor и Luxottica продолжают работать как две независимые компании

В январе 2017 года производитель оборудования для оптик и высокотехнологичных линз для очков французская компания Essilor International S.A. объявила о слиянии с итальянской компанией Luxottica Group S.p.A., специализирующейся на производстве солнцезащитных очков и оправ. Однако решение об объединении лидеров оптического рынка на территории Российской Федерации пока не принято.



Обсуждать слияние, по словам представительницы Luxottica, начали еще в 2013 году, тем не менее тогда договориться не удалось. В конце 2016 года, после длительных переговоров и работы команды экспертов, а также договоренности об управлении акциями, было принято решение о сделке.

Новая компания получила название EssilorLuxottica. Сумма сделки, проведенной путем обмена акций Luxottica на доли в Essilor, оценена экспертами как одна из самых больших на рынке оптики и составила 24 миллиарда долларов. Вновь созданная компания с капитализацией в 46 миллиардов евро признана крупнейшим в Европе производителем в своем сегменте. По словам специалистов, ежегодная выручка EssilorLuxottica превысит 15 миллиардов долларов.

Для слияния выбрали удачное время: консалтинговая компания Grand View Research прогнозирует расширение рынка оптики, отмечая, что ключевой рост произойдет в Латинской Америке и Азии.

ФАС РФ уже одобрила сделку, но на отечествен-

**Вадим Король**, глава группы Essilor в России:

«Несмотря на то, что процесс слияния на территории нашей страны еще не был запущен, я могу с уверенностью заявить: в ближайшем будущем Essilor не планирует развитие собственной розничной сети в России. Таким образом, мы укрепим партнерские отношения с нашими клиентами, а главное, снизим риск неоправданной конкуренции. Мы продолжаем активно работать согласно утвержденной ранее стратегии, в которую входят такие направления, как развитие рынка оптики, привлечение новых потребителей и внедрение инновационных продуктов».



ном рынке компании действуют самостоятельно. Решение о фактическом слиянии в России пока не принято.

**Медстар**  
научно  
производственная  
фирма

**ВСЕ СПЕКТР СРЕДСТВ  
ПО УХОДУ ЗА ЛИНЗАМИ**



реклама

**«МЕДСТАР»  
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА**

8-800-777-35-40 (звонок бесплатный)

Тел./факс (8443) 31-64-61

E-mail: medstar\_sales@mail.ru

[WWW.MEDSTAR-NPF.RU](http://WWW.MEDSTAR-NPF.RU)

 **MEDSTAR.NPF**  
 **MEDSTARNPF**



Одно из стратегических направлений Essilor в России – развитие рынка очковых линз. Компания планирует достичь этой цели путем продвижения своих ключевых продуктов – Crizal, Nikon, Varilux, BBGR и Kodak. Также с помощью масштабной рекламной кампании и активной PR-политики Essilor популяризирует способы коррекции и профилактики зрения среди потребителей.

Так как 90 процентов российского рынка очков полностью зависит от зарубежных поставок, немаловажный пункт в работе компании – развитие производства и инфраструктуры в России. На территории страны действует завод по изготовлению рецептурных очковых линз.

Несмотря на сделку между Essilor и Luxottica на мировом уровне, юридически в России они еще не объединены и продолжают работать как независимые компании, каждая по своему ранее намеченному плану развития.

**О компании**

Essilor International – лидирующая компания в сфере оптики. Специализируется на производстве и распространении широкой линейки линз для коррекции и защиты зрения. Миссия компании – в улучшении жизни путем улучшения зрения. В рамках этой миссии Essilor каждый год инвестирует 200 миллионов евро в исследования и инновации, стремясь обеспечить рынок более эффективными продуктами. Флагманы компании – линзы Nikon, BBGR, Varilux, Crizal, Transitions, Eyezen, Xperio, Foster Grant, Bolon и Costa. Essilor производит и продает оборудование и инструменты для профессиональной диагностики зрения. География дистрибуции охватывает более 100 стран мира.

**За дополнительной информацией, пожалуйста, обращайтесь:**

TeamBrandworks  
 Екатерина Полякова  
 E-mail: poliakova@teambrandworks.ru  
 Тел.: +7 (916) 503-35-31



**ГЛАЗ**

**Подписка-2018**

Возможно оформление подписки через редакцию путем перечисления денег на расчетный счет редакции или за наличный расчет. **Цена 1 экземпляра – 190 рублей.**

**Стоимость годовой подписки (6 номеров) – 1140 рублей, включая 10% НДС (103 руб. 64 коп.).**

**После оплаты, пожалуйста, отправьте нам письмом или по факсу копию документа об оплате и свои точные почтовый адрес и телефон.**

**Наш адрес:** Россия, 125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2, ООО «Печатный салон ШАНС» (подписка на журнал «Глаз»). Тел.: **8 (903) 795-41-24**, e-mail: **ppgavs@yandex.ru**

**Банковские реквизиты журнала «Глаз»:**

ИНН 7713211977	КПП 771301001		
<b>Получатель</b> Общество с ограниченной ответственностью «Печатный салон Шанс» ПАО Сбербанк г. Москва		<b>Сч. №</b>	<b>40702810338130101920</b>
<b>Банк получателя</b> ПАО СБЕРБАНК Г. МОСКВА		<b>БИК</b>	<b>044525225</b>
		<b>Сч. №</b>	<b>30101810400000000225</b>

# АБЕРРАЦИИ В ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ГЛАЗА

**Певко Д. В.**, выпускающий редактор журнала «Глаз», г. Москва

В начале 2017 года в Санкт-Петербурге вышел новый «Справочник медицинского оптика» – настольное пособие для медицинских оптиков, оптометристов, окулистов и офтальмологов, а также для студентов, обучающихся в медтехникумах и вузах по специальности «медицинская оптика и оптометрия» (выходные данные указаны ниже в списке литературы). Публика приняла книгу благосклонно, так как давно назрела необходимость в таком кратком справочном пособии, охватывающем все ключевые аспекты теории и практики.

Обзор темы аберраций человеческого глаза подготовлен автором на основе написанных им трех первых глав. В этом номере мы также публикуем в рубрике «Оптометрия» раздел из «Справочника» о бифокальных очковых линзах с согласия автора – Т. К. Кушель.

## Введение

Тема зрительных аберраций постоянно привлекает внимание производителей очковых и контактных линз. В этом обзоре перечислены все причины, вызывающие аберрации в глазу человека; оценивается влияние этих факторов на качество зрения.

Стоит начать с рассмотрения основных понятий геометрической и волновой оптики, связанных с аберрациями.

## Геометрические аберрации: сферическая аберрация, кома, астигматизм, дисторсия

Идеальные оптические системы создают идеальное, так называемое стигматическое изображение (от греческого *stigmata* «точка»), в котором каждой точке соответствует точка предмета. В реальных оптических системах всегда присутствуют погрешности – **аберрации**. Аберрации приводят:

- к потере четкости изображения (точка преобразуется в **фигуру рассеяния**);
- к искажению формы изображаемых объектов;
- к появлению окрашенных контуров по краям изображения.

Аберрации бывают **геометрическими (монохроматическими)** и **хроматическими**, которые вызваны дисперсией света в линзах и призмах. Хроматические аберрации рассматриваются в рамках волновой оптики (см. ниже).

Стигматическое изображение можно получить только в том случае, если изображение создается

Исследование и коррекция аберраций глаза человека – одна из актуальных тем оптометрии и рефракционной хирургии. Автор конспективно излагает современные знания в этой области, используя материал подготовленного им справочного учебного пособия.

**Ключевые слова:** аберрации человеческого глаза, сферическая аберрация, кома, астигматизм, дисперсия, хроматическая аберрация, роговица, зрачок, хрусталик

\*\*\*

## Pevko D.V. ABERRATIONS IN THE OPTICAL SYSTEM OF THE EYE: A REVIEW OF THE PROBLEM

Research and correction of human eye aberrations is one of the topics of optometry and refractive surgery. The author gives a brief of the modern knowledge in this field, using the material of the new handbook (written by himself).

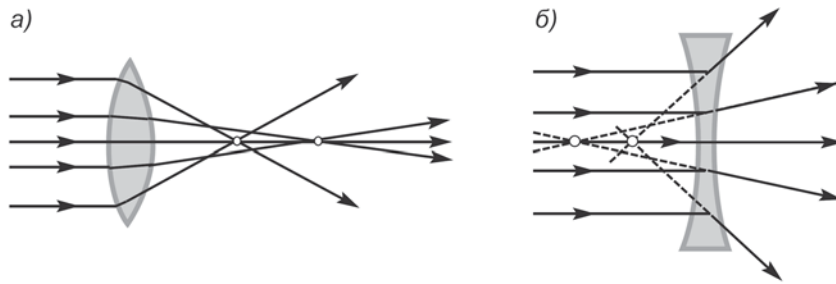
**Key words:** human eye aberrations, spherical aberration, coma, astigmatism, dispersion, chromatic aberration, cornea, eye pupil, eye lens

очень узкими световыми пучками, параллельными главной оптической оси или попадающими в оптическую систему под очень малыми углами к этой оси. В реальных оптических системах, в том числе очковых линзах и глазу человека, эти условия не выполняются.

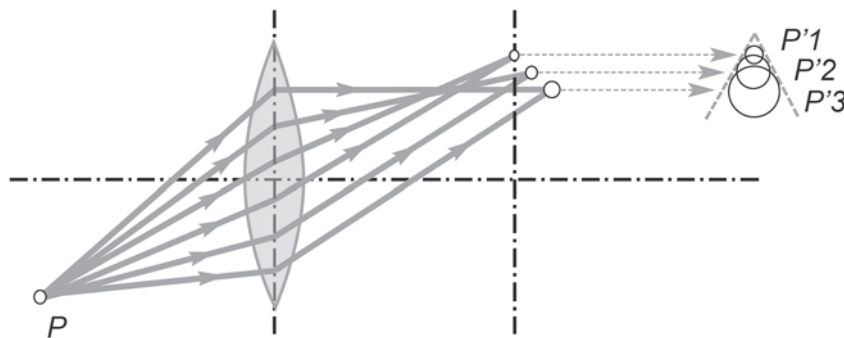
Аномалии рефракции (миопия, гиперметропия, астигматизм) являются **аберрациями второго порядка** и существенно влияют на остроту зрения. Влияние аберраций высшего порядка (сферических, хроматических, комы, трейфола и других) гораздо слабее.

Попадание в оптическую систему широких или наклонных пучков света вызывает сферическую аберрацию и кому. Сферическая аберрация (4-го порядка) и кома (3-го порядка) относятся к **аберрациям высших порядков**. Заметный вклад в размытие изображения они вносят, например, при фотосъемке светосильными объективами на открытой диафрагме или в человеческом глазу в темное время суток, когда зрачок максимально расширен.

**Сферическая аберрация** возникает из-за того, что периферия линзы преломляет световые лучи сильнее, чем ее центральная часть. В результате любая сферическая линза дает изображение точечного источника света в виде размытого круг-



**Рис. 1.** Образование сферической аберрации в положительных (а) и отрицательных (б) сферических линзах



**Рис. 2.** Образование комы при прохождении широкого светового пучка через линзу под углом к главной оптической оси

лого пятна – **кружка рассеяния** (рис. 1). Симметричность пучка относительно главной оптической оси при этом не нарушается. Исправить сферическую аберрацию можно тремя способами:

- 1) к рассеивающей линзе подобрать собирающую, к собирающей – рассеянную (в определенной комбинации);
- 2) добавить к сферической линзе или системе линз линзу асферической формы (параболической или гиперболической);
- 3) сузить пучок лучей, попадающих в оптическую систему, поместив в нее апертурную диафрагму (в глазу человека ее роль выполняет зрачок); диафрагмирование ограничивает ширину пучка.

**Кома** – геометрическая аберрация, возникающая после прохождения через линзу широкого пучка лучей от точки, лежащей не на главной оптической оси, а на побочной (рис. 2). Изображение этой точки выглядит как вытянутое и неравномерно освещенное пятно, по форме напоминающее комету и не симметричное по отношению к главной оптической оси.

Полное отсутствие сферической аберрации называется **апланатизмом**. Искусственная оптическая система

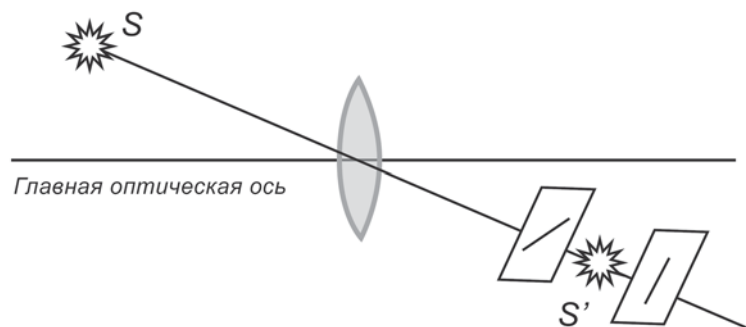
считается строго апланатической, если в ней исправлены и сферическая аберрация, и кома.

Попадание в оптическую систему любых наклонных световых пучков (как широких, так и узких) от точек предмета, удаленных от главной оптической оси, приводит к **астигматизму**. Эту аберрацию нельзя исправить диафрагмированием, так как она проявляется и на узких пучках.

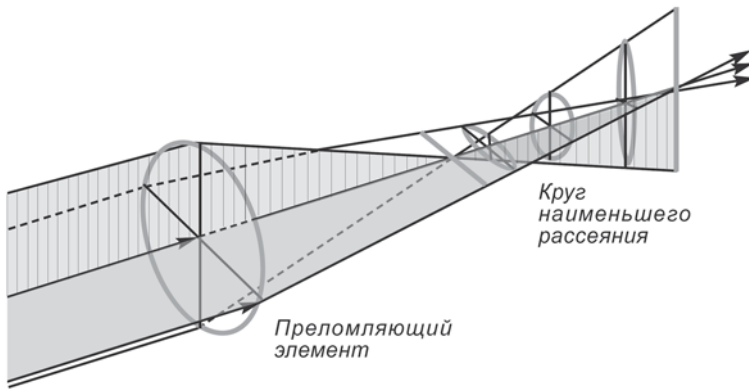
**Астигматизм наклонных пучков** – невозможность получить после их прохождения через сферическую линзу точечное (стигматическое) изображение. Если предмет S расположен на заметном расстоянии от оптической оси, идущий от него пучок света составляет значительный угол с ней. В этом случае изображение S' получается не в виде точки, а в виде двух **фокальных линий** – перпендикулярных друг другу отрезков, лежащих в разных плоскостях (рис. 3). Расстояние между фокальными линиями называется **астигматической разностью** и определяет силу астигматизма. Для исправления астигматизма наклонных пучков применяются анастигматы – оптические системы из нескольких линз, компенсирующих астигматизм друг друга.

**Астигматизм, связанный с асимметрией оптической системы**, приводит к тому же результату независимо от направления световых пучков. Он вызван тем, что сферичность реальных линз, как правило, не идеальна, и они преломляют лучи по-разному в вертикальном (меридиональном) и горизонтальном (сагиттальном) сечениях, которые называют **главными сечениями астигма-**

тизма, связанного с асимметрией оптической системы, приводит к тому же результату независимо от направления световых пучков. Он вызван тем, что сферичность реальных линз, как правило, не идеальна, и они преломляют лучи по-разному в вертикальном (меридиональном) и горизонтальном (сагиттальном) сечениях, которые называют **главными сечениями астигма-**



**Рис. 3.** Астигматизм наклонных пучков

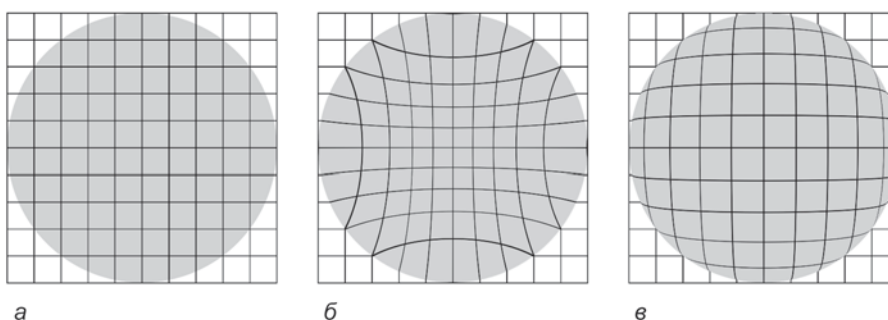


**Рис. 4.** Ход световых лучей в оптической системе при астигматизме

**тизма.** При таком астигматизме нет ни одной точки, в которой сходились бы все световые пучки, прошедшие через оптическую систему (рис. 4). Из рисунка видно, что в зависимости от расположения экрана (в человеческом глазу – сетчатки) изображение точки на нем будет иметь вид либо горизонтального отрезка, либо горизонтального овала, либо круга (так называемый **круг наименьшего рассеяния**), либо вертикального овала, либо вертикального отрезка.

На практике при изготовлении линз свести астигматизм к минимуму очень трудно. Неудивительно, что такой астигматизм всегда присутствует и в глазу человека из-за несферичности роговицы и хрусталика (см. ниже). Природный астигматизм глаза можно исправить цилиндрическими очковыми или торическими контактными линзами, а также с помощью рефракционной хирургии. В оптометрии главные сечения астигматизма принято называть **главными меридианами** (в соответствии с топографией роговицы и глазного яблока).

**Дисторсия** – это искажение изображения из-за непостоянства величины линейного увеличения от центра к периферии линзы. Изображение прямоугольной сетки становится подушкообразным, если линза положительная, или бочкообразным,



**Рис. 5.** Дисторсия: идеальное изображение (а), «подушка» (б) и «бочка» (в)

если линза отрицательная (рис. 5). Дисторсия искажает изображение, но не влияет на резкость, в отличие от всех геометрических aberrаций, перечисленных выше. Глаз человека – «широкоугольный объектив» с фокусным расстоянием 23 мм, что вызывает некоторую дисторсию. Однако она незаметна из-за того, что наш зрительный анализатор использует для построения образа практически только центральное поле зрения каждого глаза.

**Элементы волновой оптики: дисперсия и хроматические aberrации**

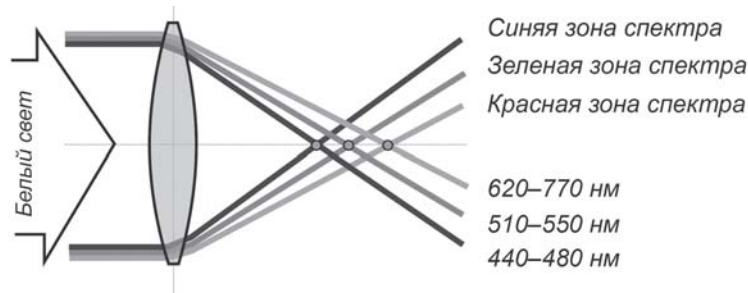
Нельзя ограничиваться только геометрической оптикой. Некоторые явления, рассматриваемые в волновой оптике, также имеют практическое значение для оптометрии.

**Дисперсия (разложение) света** – зависимость абсолютного показателя преломления света от частоты падающей на данное вещество световой волны (или от длины волны в вакууме). Световые волны разной длины в одной и той же среде преломляются с разной силой. Самый известный и наглядный пример – эффект разложения видимого света призмой на радужный спектр. Каждому из условно выделяемых 7 основных цветов радуги соответствует определенный диапазон длин световых волн. Смешение всех 7 цветов дает белый цвет. Радуга после дождя и красный цвет солнца на закате – также проявления дисперсии.

Поскольку в реальном мире мы наблюдаем не монохроматический, а полихроматический (смешанный) свет, дисперсия вызывает побочный оптический эффект – хроматические aberrации. **Хроматическая aberrация**, или **хроматизм** – окрашивание изображения, возникающее из-за дисперсии света при прохождении через преломляющий элемент (линзу или призму). Различают хроматизм положения и хроматизм увеличения.

**Хроматизм положения**, или **продольная хроматическая aberrация**, наблюдается на главной оптической оси. Она проявляется в том, что

фокусы световых волн разной длины не совпадают. Синий свет преломляется сильнее, чем красный. В итоге изображение точечного источника белого света выглядит как набор концентрических цветных колец (рис. 6). Последовательность цветов колец зависит от положения экрана. Хроматизм положения приво-



**Рис. 6.** Хроматизм положения: зависимость фокусных расстояний от длины световых волн

дит к тому, что в эмметропическом глазу человека лучи синей части спектра фокусируются перед сетчаткой, а лучи красной части спектра – за ней. Это существенно сказывается на резкости получаемого изображения.

**Хроматизм увеличения**, или **поперечная хроматическая аберрация**, наблюдается в фокальной плоскости как цветовая кайма по краям изображения. Она возникает из-за того, что оно имеет разные размеры в лучах разного спектра (рис. 7). Это обусловлено разной степенью преломления пучков света, падающих под углом к главной оптической оси. Вместо изображения точки получается цветная линия.

Физическая мера дисперсии в прозрачных средах – **число Аббе**, или **коэффициент дисперсии**. Чем меньше его значение, тем сильнее дисперсия и вызванные ею хроматические аберрации. В очковой оптике это одна из основных характеристик материала очковых линз. Чем выше показатель преломления материала, тем ниже число Аббе.

**Глаз человека: невозможность идеальной осесимметричности**

В искусственных оптических системах преломляющие элементы, как правило, осесимметричны. У каждой оптической поверхности есть центр кривизны, а центры кривизны всех поверхностей лежат на **оптической оси** – прямой линии, проходящей через геометрический центр системы. Например, производители фотообъективов или подзорных труб добиваются как можно лучшей центрации, выравнивания линз по оптической оси. Плохая центрация ведет к техническому браку – кривизне поля изображения (неравномерной резкости) и другим аберрациям.

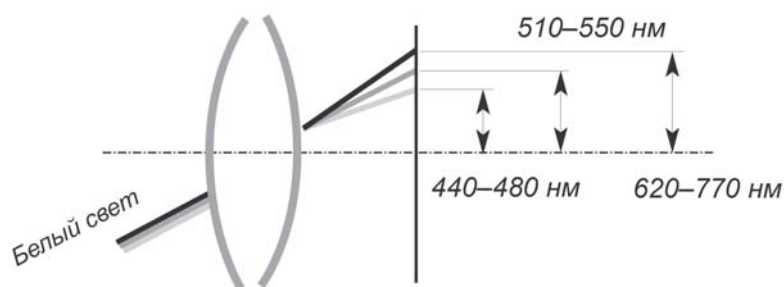
Глаз человека – живая оптическая система, созданная природой, и применительно к нему оптическая ось – понятие чисто теорети-

ческое. Истинную оптическую ось можно было бы провести, если бы поверхности роговицы и хрусталика были осесимметричны, как линзы в качественном телескопе-рефракторе. В этом случае их центры кривизны должны лежать на одной линии – оптической оси, перпендикулярной каждой из оптических поверхностей. Однако в реальном глазу оптические поверхности не осесимметричны, так что не существует ни одного глаза с истинной оптической осью.

**Оптическая ось глаза** иногда определяется как линия, на которой изображения Пуркинье отклоняются друг от друга минимально. С нею совпадает **передне-задняя ось глаза (ПЗО)**, соединяющая передний и задний полюса.

Традиционно выделяется несколько осей в человеческом глазу, а также разные углы между ними и точки пересечения осей с передней поверхностью роговицы. Основные оси показаны на рис. 8. Хорошо заметно, что оптическая ось не совпадает с зоной фовеа, играющей ключевую роль в зрительном восприятии. Желтое пятно с ямкой децентрировано – смещено примерно на 5 градусов в темпоральную сторону по отношению к точке пересечения оптической оси с сетчаткой. На рисунке показано расположение зоны фовеа, центра зрачка E и узловых оптических точек N и N' относительно ПЗО, а также **зрительная ось**, или **ось фиксации**. Если глаз смотрит на точку фиксации, зрительная ось определяется как линия, соединяющая точку фиксации с передней узловой точкой N, а затем идущая к зоне фовеа.

Несовпадение зрительной оси с оптической – одна из нерешенных пока загадок эволюции. Отчасти это компенсируется тем, что отверстие зрачка обычно тоже слегка децентрировано в противоположную, назальную сторону. Теоретически расположение зрительной ямки прямо на оптической оси обеспечивало бы лучшее качество изображения, сводя к минимуму аберрации. С



**Рис. 7.** Хроматизм увеличения: зависимость размеров изображения от длины волн косых пучков света

другой стороны, в ряде зарубежных исследований отмечается, что продольные хроматические aberrации в зоне фовеа помогают мозгу быстрее реагировать на дефокус и включать механизм аккомодации, чтобы изображение снова стало резким.

Качество ретинального изображения может ухудшаться из-за патологий сетчатки. Но в первую очередь него влияют четыре вида размытия, снижающие резкость и контраст: 1) светорассеяние при прохождении через хрусталик и стекловидное тело, 2) зрачковая дифракция, 3) неточная фокусировка из-за ошибок аккомодации и аметропий, 4) aberrации глаза.

### Влияние геометрии роговицы на aberrации

Вклад первой линзы оптической системы глаза в общую картину aberrаций связан с особенностями ее геометрии. Еще в начале 70-х годов XX века было установлено, что роговица **асферична**: радиус ее кривизны постепенно увеличивается от центра к периферии. По форме она напоминает не участок сферы, а вытянутый конец эллипсоида, наподобие мяча для регби. С тех пор многочисленные исследования позволили уточнить картину. Для описания точной формы роговицы используется наглядный метод корнеотопографии: концентрические световые кольца проецируются на роговицу, полученное изображение фотографируется, анализируется компьютером и преобразуется в карту рельефа – топограмму.

Асферичность более выражена на периферии (до 1 мм), чем в центре (всего 0,3 мм), где роговица почти сферична, а кривизна ее максимальна. За пределами центральной зоны диаметром 3–5 мм передняя поверхность роговицы постепенно уплощается по направлению к краю, причем асимметрично. Все это хорошо заметно на топограммах (рис. 9). Обычно роговица уплощается в темпоральную сторону сильнее, чем в назальную. Если асимметрия в пределах нормы, форма роговицы считается регулярной. Иррегулярная форма требует особого подхода к оптической коррекции, особенно контактной, из-за необходимости учитывать посадку линзы на глаз и корректировать сильные aberrации, в первую очередь выраженный неправильный астигматизм.

Другой важный геометрический параметр роговицы – **радиус центральной кривизны** ее поверхности, измеряемый специальными приборами – офтальмометром или кератометром. Аналогичная функция есть и в авторефкератометрах – приборах, совмещающих в себе автоматическое измерение рефракции глаза и геометрии роговицы. Радиус центральной кривизны – усредненное значение по одному из меридианов передней повер-

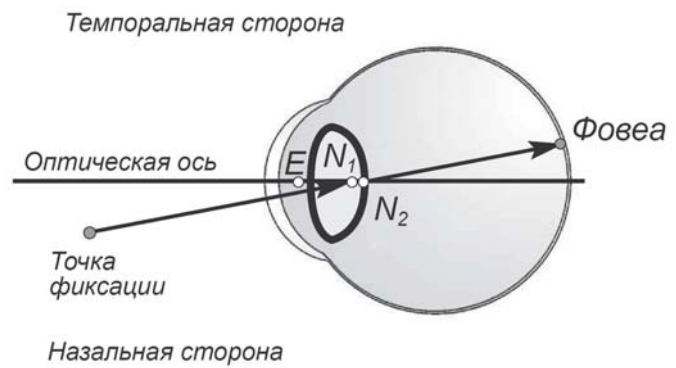


Рис. 8. Схема правого глаза в горизонтальном разрезе (вид сверху): оптическая и зрительная оси

хности на центральном участке диаметром 3–5 мм. Этим он отличается от апикального радиуса, измеряемого не на участке, а только в одной точке – вершине роговицы.

Вертикальный диаметр роговицы в среднем составляет 10,6 мм, горизонтальный – 11,7 мм. Вертикальный диаметр обычно меньше примерно на 1 мм. Этому соответствует и кривизна: вертикальный радиус кривизны меньше, чем горизонтальный, то есть в вертикальном меридиане роговица немного круче. Таким образом, роговица – не просто эллипсоид, а слегка сплюснутый эллипсоид, она имеет торическую форму. Величина торичности в центре и на периферии практически одинакова и не превышает 0,3 мм.

В пресбиопическом возрасте практически у всех людей корнеосклеральное кольцо, на которое опирается роговица, деформируется. В результате все меняется наоборот: кривизна роговицы в горизонтальном меридиане становится сильнее, чем в вертикальном.

**Асферичность** и **торичность** роговицы, отсутствие идеальной осевой симметрии приводят к астигматизму, трейлоу и некоторым aberrациям высшего порядка. Но асферичность дает и важное преимущество. Линзы из оптически однородного материала со сферическими преломляющими поверхностями вызывают очень сильные сферические aberrации. Наглядный пример – объектив-монокуляр, самая старая оптическая схема в истории фотографии. Этот объектив, состоящий из одной линзы с помещенной перед ней диафрагмой, позволяет получать снимки с характерным эффектом размытия и свечения по краям объектов – очень живописно, но непрактично с точки зрения зрительных задач, стоящих перед человеком в повседневной жизни. Асферическая форма роговицы существенно снижает сферические aberrации, которые еще сильнее уменьшаются при прохождении света через хрусталик (см.

ниже). У здоровых людей средняя величина сферических aberrаций составляет около 0,1 мкм, что соответствует рефракционной ошибке всего в 0,12 дптр.

Асферичность роговицы в последние годы учитывается при производстве контактных линз, в том числе мягких (МКЛ). Раньше задняя поверхность МКЛ делалась сферической, и это давало сферические aberrации, особенно сильные при нехватке света, когда зрачок расширен. Они снижали контраст и разрешающую способность глаза, а в некоторых ситуациях вызывали серьезный зрительный дискомфорт. Например, водители вечером слепли из-за сияющих ореолов и гало вокруг каждого встречного источника света. Теперь практически все крупные производители выпускают МКЛ только с задней асферикой. Постепенно входит в моду и биасферика. Это улучшает посадку КЛ на глазах, уменьшает aberrации высших порядков и помогает линзе лучше встраиваться в природную оптику роговицы.

### Зависимость aberrаций от диаметра зрачка

Будучи подвижной апертурой оптической системы глаза, зрачок существенно влияет на картину aberrаций. В нормальном состоянии он пропускает в глаз только центральный пучок световых лучей, тем самым уменьшая сферические и хроматические aberrации. Это повышает качество ретинального изображения и остроту зрения, особенно на ярком свете.

В оптической системе глаза, как и в объективах, разрешение и глубина резкости напрямую зависят от размера апертурной диафрагмы. Чем меньше диаметр зрачка, тем выше глубина резкости, разрешающая способность глаза и, следовательно, острота зрения. Наилучшая острота зрения достигается при 2–3 мм (обычный диаметр зрачка при дневном освещении). Aberrации, вызванные роговицей и хрусталиком, при этом практически исчезают. Хотя, если зрачок меньше 2 мм, качество ретинального изображения начинает падать из-за дифракции.

И наоборот, расширение зрачка всегда приводит к ухудшению качества зрения. В темноте глаз начинает работать как объектив с плохо исправленными aberrациями при максимально открытой диафрагме. Светосила глаза при зрачке 8 мм примерно соответствует значению диафрагмы  $f/2$ . Если в поле зрения попадают яркие источники света (фонари, автомобильные фары и т. п.), возникают оптические помехи – блики и отражения. Уже при расширении зрачка свыше 3 мм начинают проявляться сферические и хроматические

aberrации, ухудшается контрастная чувствительность, уменьшается глубина резкости. Лучи, проходящие через периферию расширенного зрачка, фокусируются не на сетчатке, а перед нею, что вызывает миопизацию до 0,3 дптр. Хроматические aberrации дают близорукость до 0,5 дптр. Чтобы компенсировать все эти отрицательные эффекты, цилиарная мышца напрягается. Расширение зрачков вносит заметный вклад в так называемую *ночную миопию*.

Кроме того, зрачки слегка смещены в назальную сторону – приблизительно на 0,5 мм. Это вызывает небольшую кому. Таким образом, зрачки вносят определенный вклад в aberrации волнового фронта глаза.

### Роль хрусталика в уменьшении сферических aberrаций

Если бы хрусталик был оптически гомогенной линзой, он вызывал бы значительную сферическую aberrацию. Однако хрусталик – линза неоднородная, многослойная. У разных слоев немного отличается рефракционный индекс и радиус кривизны. Самый высокий показатель преломления – в центре хрусталика, ядре; чем ближе к периферии, тем он слабее (разница достигает примерно 15%). В пределах ядра рефракционный индекс практически одинаков, самые заметные изменения происходят в кортикальных слоях. Это уменьшает сферическую aberrацию и тем самым улучшает качество изображения. Однако стоит отметить, что хрусталик может быть наклонен или децентрирован относительно роговицы.

### Aberrации глаза и волновой фронт

Для идеальной остроты зрения необходимо, чтобы все множество входящих в глаз лучей собралось строго в фокусе на сетчатке. На практике этот идеал недостижим даже в оптических приборах, поскольку при самом точном производстве нельзя добиться идеальной центровки и формы оптических поверхностей. В природе не бывает идеальных математических

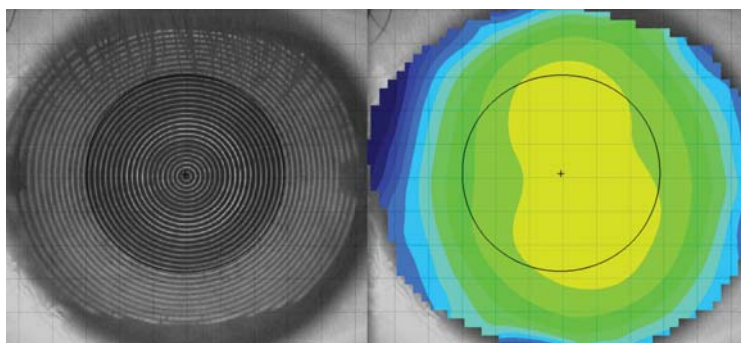
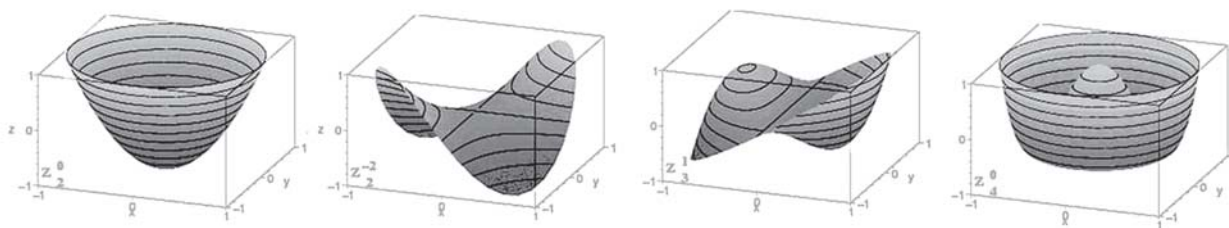


Рис. 9. Топограмма здоровой роговицы



**Рис. 10.** Некоторые полиномы Цернике, имеющие практическое значение для оптометрии: **а** – дефокус; **б** – астигматизм; **в** – кома; **г** – сферическая aberrация.

форм. Кроме того, свет полихроматичен, а лучи с разной длиной волны нельзя собрать в одной точке. И, наконец, сделать это не позволяет сама волновая природа света: точка всегда будет в той или иной степени размыта из-за дифракции.

Из всего, что выше говорилось о несимметричности оптической системы глаза, очевидно, что она не может быть свободной от дефектов – aberrаций, в той или иной степени искажающих ретинальное изображение. И в самом деле, в глазу есть все виды aberrаций, которые встречаются во всех оптических системах. Вопрос лишь в том, насколько они сильны.

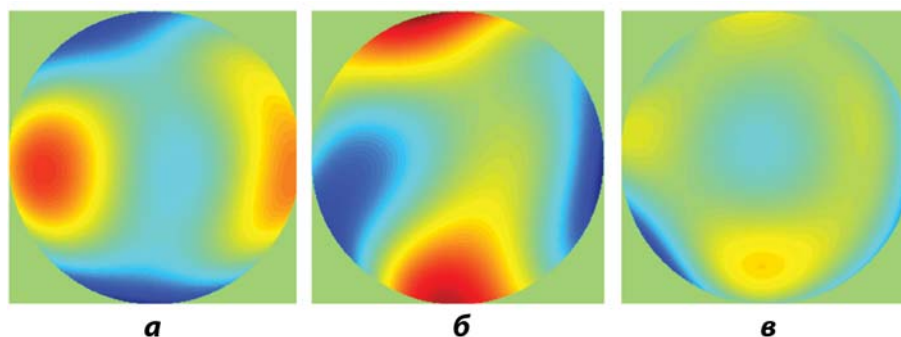
Для измерения aberrаций глаза сейчас широко применяется **анализ волнового фронта**. Эта технология позволяет определить оптические искажения в каждой точке поля зрения и по сути является также очень точным объективным способом измерения рефракции. Неслучайно aberрометр Шака – Гартмана все чаще встраивается в современные авторефрактометры. Устройство посылает в глаз небольшой пучок лучей и с помощью сенсора анализирует их отражение от сетчатки глаза. Проходя через хрусталик и роговицу, лучи отклоняются от идеальной траектории. Эти отклонения фиксируются компьютерной системой и записываются в виде карты волнового фронта.

**Волновой фронт глаза** – условная поверхность, геометрическое место точек, до которых к заданному времени дошел процесс распространения световой волны. При обследовании не существующего в природе «идеального» глаза эта поверхность получилась бы плоской, но в реальности она имеет сферическую форму со множеством микроскопических изгибов и ямок. На экранах современных приборов карта волнового фронта может быть представлена либо в виде плоской

фронтальной проекции, либо в виде объемной фигуры, где зоны оптических искажений выделяются разными оттенками спектра. Зеленый цвет означает, что искажений практически нет; синий – что на данном участке волнового фронта лучи запаздывают; красный – что они приходят раньше. Интенсивность цвета указывает на величину ошибки волнового фронта.

Полученные поверхности удобно распределить по типам в зависимости от их формы. В большинстве aberрометров предусмотрена возможность подобной сортировки на основе полиномов Цернике. Сами по себе полиномы Цернике – математические функции, с которыми условно можно соотносить формы aberrаций волнового фронта, типичные для оптических систем, в том числе для глаза. Каждый полином представляет одну элементарную aberrацию вроде комы или трефойла. Некоторые из них показаны на рис. 10.

Карта волнового фронта – наглядное отображение разницы между «идеальным» и реальным глазом. Хотя средний уровень aberrаций у разных людей очень похож, карта волнового фронта также уникальна, как отпечатки пальцев. Анализ волнового фронта стал для офтальмологов и оптометристов совершенным инструментом измерения aberrаций всех типов. Это позволило впервые обратить пристальное внимание на aberrации высших порядков. Долгое время оптометристы под-



**Рис. 11.** Компенсация aberrаций роговицы aberrациями хрусталика в здоровом глазу при ширине зрачка 5 мм: **а** – карта волнового фронта aberrаций роговицы; **б** – карта aberrаций хрусталика; **в** – итоговая суммарная карта [цит. по работе Artal P. и соавт. Compensation of corneal aberrations by internal optics in the human eye // J. Vis. – 2001. – Vol. 1. – № 1].

бирали только сферическую и цилиндрическую коррекцию aberrаций второго порядка. Пионерами в борьбе с aberrациями высших порядков стали офтальмохирурги.

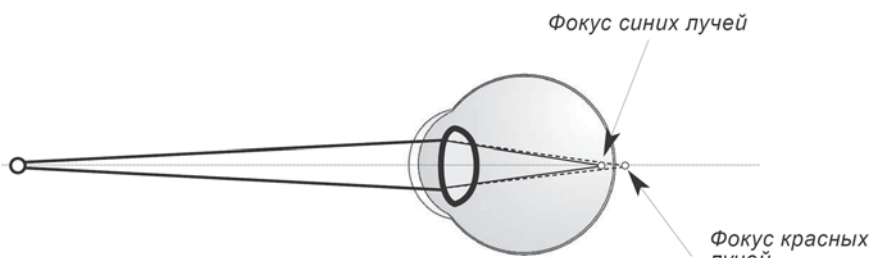
Предполагалось, что полная лазерная коррекция всех aberrаций должна обеспечить пациенту так называемое суперзрение – остроту зрения 2,0 и больше. Практика показала, что это не так. Сама структура рецептивных полей сетчатки накладывает ограничения на зрительное разрешение. Более того, как отмечают С.Э. Аветисов и В.М. Шелудченко, aberrации высших порядков играют положительную роль, увеличивая глубину фокусной области [1].

Не стоит преувеличивать значение aberrаций высшего порядка. Для здорового глаза при нормальном освещении их влияние на остроту зрения очень невелико. Несмотря на все свои оптические недостатки, глаз человека работает почти как апланатическая система. У здоровых молодых людей при расслабленной аккомодации наблюдается сферическая aberrация  $Z_4^0 \approx 0,13$  мкм. Она приводит к пренебрежительно малой рефракционной ошибке в 0,12 дптр.

Столь низкий уровень сферической aberrации в глазу объясняется взаимодействием двух несовершенных оптических компонентов – роговицы и хрусталика. Сегодня общепризнано, что хрусталик компенсирует умеренный роговичный астигматизм и сферическую aberrацию (рис. 11). Недавние исследования показали, что хрусталик может компенсировать и кому. Но с возрастом, когда хрусталик начинает стареть и терять эластичность, оптическое равновесие между ним и роговицей нарушается, и суммарные aberrации растут. Поэтому молодой глаз более апланатичен, чем старый. Начиная с возраста 30 лет aberrации высших порядков начинают усиливаться, и к 60 годам их общая величина удваивается.

Кроме возраста, на величину сферической aberrации влияют диаметр зрачка и уровень освещенности, рефракция, степень напряжения аккомодации (чем сильнее аккомодирует глаз, тем выше сферическая aberrация) и даже моргание или смена направления взора. Такая изменчивость aberrаций высшего порядка заставляет задуматься, насколько вообще возможно исправлять их оптическими средствами коррекции.

В 2000-е годы технологию волнового фронта начали применять для изготовления контактных и очковых линз по индивидуальным заказам. Не-



**Рис. 12.** Дисперсия света в глазу человека: разноцветные лучи, идущие от наблюдаемого объекта, фокусируются на разном расстоянии от сетчатки.

которые ведущие производители представили свои варианты линз, исправляющих aberrации высшего порядка. Разумеется, если оптический дизайн линзы точно подогнан под картину волнового фронта глаза, ее подвижность нужно максимально ограничить. Иначе при малейшем сдвиге очковой оправы или ротации контактной линзы возникнет масса новых, индуцированных aberrаций.

Такие индивидуальные линзы по-настоящему необходимы лишь в некоторых случаях. При выраженной иррегулярности формы роговицы уровень aberrаций очень велик, так как оптическая поверхность сильно искажена. Линзы с учетом данных волнового фронта также помогают пациентам с повышенным уровнем сферических aberrаций. Вечером, когда зрачок расширен, у таких людей заметно падает острота зрения.

Итак, сферическими aberrациями высших порядков в большинстве случаев можно пренебречь. А вот продольные хроматические aberrации довольно заметно влияют на рефракцию. При прохождении света через хрусталик наблюдается дисперсия: лучи разного цвета преломляются по-разному (рис. 12). В результате фокусное расстояние глаза возрастает вместе с длиной волны. Разница в силе рефракции между крайними границами видимого диапазона – фиолетовыми и красными лучами достигает 2 дптр! При эметропии точный фокус на сетчатке образуют именно лучи из желто-зеленой части спектра. Красные лучи фокусируются за сетчаткой, а синие – перед ней. Очки и контактные линзы корректируют глаз с учетом только одной длины световой волны. Однако в повседневной жизни мы постоянно сталкиваемся с разноцветными объектами, и испускаемые ими световые волны не могут фокусироваться на сетчатке одновременно.

Сейчас считается, что исправлять хроматические aberrации не стоит. Они стимулируют аккомодацию, помогая быстрее сфокусировать глаз на нужном объекте. Однако необходимо учитывать, что окрашенные линзы влияют на рефракцию. Например, достоверно установлено, что желтые све-

тофильтры улучшают остроту зрения, контрастную чувствительность и зрительную работоспособность. Напротив, использование фиолетовых светофильтров приводит к заметной миопизации до 0,75 дптр. Влияние светофильтров на рефракцию используется в спектральной коррекции зрения.

### Заключение

Еще раз кратко перечислим особенности оптической системы глаза человека, влияющие на общую картину аберраций.

#### Факторы, вызывающие аберрации:

- оптические поверхности глаза не осесимметричны;
- поверхности роговицы и хрусталика не идеально сферичны, их форма в той или иной степени неправильна;
- роговица всегда имеет торическую форму, а значит, в любом глазу есть астигматизм;
- зрительная ось не совпадает с оптической, так как зона фовеа на сетчатке отклонена от оптической оси примерно на  $5^\circ$  в височную сторону;
- апертура глаза (зрачок) также слегка децентрирована в противоположную, назальную сторону;
- при диаметре зрачка более 3 мм сферические и хроматические аберрации начинают отрицательно влиять на качество зрения; это особенно заметно при расширении зрачка до 5 мм;
- оптическая система глаза – аналог широкоугольного фотообъектива с фокусным расстоянием примерно 23 мм, а значит, она вызывает дисторсию;
- дисперсия света при прохождении через хрусталик вызывает хроматические аберрации.

#### Факторы, уменьшающие аберрации:

- асферичность роговицы существенно снижает сферические аберрации;
- хрусталик оптически неоднороден, его преломляющая сила максимальна в центре и падает к периферии; это еще более снижает сферические аберрации;
- сферические аберрации, вызванные роговицей, как правило, компенсируются хрусталиковыми аберрациями;
- при обычном диаметре зрачка до 3 мм в дневное время величина аберраций пренебрежимо мала, а при диаметре от 2,5 до 3,2 мм (по разным данным) они совершенно не влияют на качество изображения;
- дисторсия не замечается, поскольку для зрительного анализатора имеет значение только центральная часть поля зрения;

- так же успешно зрительный анализатор «исправляет» незначительные сферические и хроматические аберрации, попросту не замечая их.

#### Список литературы

1. Аветисов С.Э., Шелудченко В.М. Нужно ли нам суперзрение? Аберрации глаза // Клиническая физиология зрения: очерки. – 2-е изд., перераб. и доп. – М., 2002. – С. 488–501.
2. Балашевич Л.И. Диагностика и коррекция оптических аберраций глаза // Международный медицинский журнал. – 2003. – Т. 9. – № 3. – С. 62–69.
3. Вит В.В. Строение зрительной системы человека. – Одесса: Астропринт, 2003.
4. Герман И. Физика организма человека /Пер. с англ. – Долгопрудный, 2011.
5. Ландсберг Г.С. Оптика. – Изд. 5-е, перераб. и испр. – М.: Наука, 1976.
6. Луизов А.В. Глаз и свет. – Л., 1983.
7. Можаров Г.А. Основы геометрической оптики: Учеб. пособие. – М., 2006.
8. Офтальмология: национальное руководство /Под ред. С.Э. Аветисова, Е.А. Егорова, Л.К. Мошетовой, В.В. Нероева, Х.П. Тахчиди. – М., 2008.
9. Розенблюм Ю.З. Оптометрия (подбор средств коррекции зрения). – Изд. 2-е, испр. и доп. – СПб., 1996.
10. Справочник медицинского оптика, часть первая. Основы физической оптики. Физиология зрения. Контактная коррекция. Очковые линзы /Певко Д.В., Кушель Т.К., под ред. В.Г. Бахтина. – СПб., 2016.

E-mail для связи с автором: mag\_glaz@yahoo.com.

**weboptica.ru**  
ОПТИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК

СОЛНЕЦЗАЩИТНЫЕ ОЧКИ

ОПРАВЫ

МАГАЗИНЫ, САЛОНЫ ОПТИКИ  
ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНЫ

ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА  
КАЛЕНДАРЬ СОБЫТИЙ

КОНТАКТНЫЕ ЛИНЗЫ

КЛУБ ОЧКАРИКОВ  
КОНКУРСЫ

ОЧКИ

[www.weboptica.ru](http://www.weboptica.ru)

# БИФОКАЛЬНЫЕ ОЧКОВЫЕ ЛИНЗЫ

**Кушель Т. К.**, ведущий консультант по офтальмологическим продуктам отдела международной дистрибуции концерна Rodenstock по странам Восточной Европы и СНГ (Мюнхен, Германия)

## Введение. Виды бифокальных линз

В случае пресбиопии для одновременного зрения вдаль и вблизи в одной паре очков могут быть использованы бифокальные линзы. Как следует из названия, такие линзы характеризуются наличием двух оптических зон. Область бифокальной линзы, используемая для зрения вдаль, называется зоной для дали, а область, используемая для зрения вблизи, – зоной для близи, или зоной для чтения. Как правило, зона для дали большая, и в соответствии с ГОСТ Р ИСО 13666-2009 она называется главной зоной.

Исключение составляют специальные бифокальные и трифокальные линзы, размер, расположение и назначение зон в которых формируются по отдельному техническому заданию. Они будут рассмотрены ниже.

Существует несколько классификаций бифокальных линз. Наиболее логичной представляется классификация по конструктивным признакам. Первые бифокальные линзы были составными: две отдельные линзы для дали и близи подгонялись одна к другой краями и закреплялись в одном ободке. Дизайн такого рода часто называют очками Франклина, поскольку их изобрел именно Бенджамин Франклин, что подтверждается документально (рис. 1–2). Современным примером такой конструкции являются цельные бифокальные линзы с прямой видимой линией раздела (линзы Е-типа). Цельные бифокальные линзы изготавливаются методом шлифования.

Справедливости ради стоит упомянуть склеенные бифокальные линзы. Такие линзы не изготавливаются серийно и выполняют некие особые медицинские или функциональные требования. Примером склеенных бифокальных конструкций могут служить очень популярные в 70-е годы в Советском Союзе очки БСПО (бифокальные сферо-призматические очки) для коррекции прогрессирующей миопии у подростков. Бифокальный сегмент, обладающий плюсовой рефракцией и призматическим действием, приклеивался к внутренней стороне нижней части основной линзы.

Самое современное конструктивное решение – бифокальная линза с сегментом. Если линза изготавливается из минерального стекла, она будет называться спеченной. Сегмент с более высоким показателем преломления (флинт) вдавливается в вогнутую лунку на поверхности основной линзы, изготовленной из крона – материала с более низким

Автор описывает традиционные и современные разновидности бифокальных очковых линз. В статье подробно рассказывается об установке и центрировании линз этого типа, о различных оптических дизайнах, в том числе из ассортимента компании Rodenstock. Данная публикация – журнальная версия одного из разделов нового «Справочника медицинского оптика» (Спб., 2017).

**Ключевые слова:** бифокальные очковые линзы, оптический дизайн, бифокальный сегмент

\*\*\*

### Kushel T.K. BIFOCAL SPECTACLE LENSES

The author describes the traditional and modern varieties of bifocal spectacle lenses. The article describes in detail about the installation and centering of lenses of this type, and also about various optical designs, including the Rodenstock range. This publication is a magazine version of one of the sections of the new «Handbook of Medical Optics» (St. Petersburg, 2017).

**Key words:** bifocal spectacle lenses, optical design, bifocal segment

показателем преломления. Линия раздела зон тогда почти незаметна. Размер сегмента небольшой, поскольку он ограничен результирующей толщиной линзы. Линза из пластика с сегментом относится к цельным и имеет уступ на границе зон.

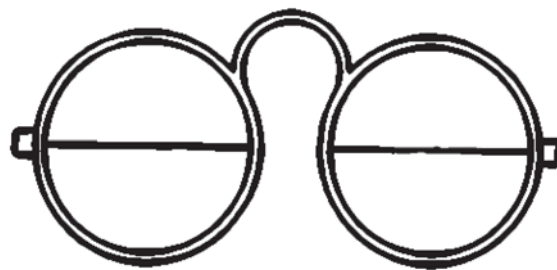


Рис. 1. Рисунок Бенджамина Франклина



Рис. 2. Старинные бифокальные очки

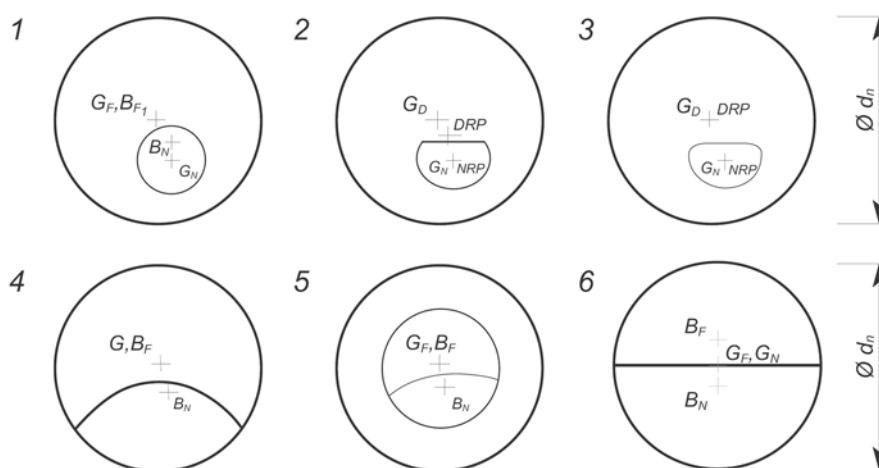
Линия раздела оптических зон бифокальной линзы может иметь различную форму и упрощенно подразделяется на несколько видов (рис. 3):

- D-сегмент – граница сегмента прямая, у производителей часто носит название S-формы от слова straight (прямой);
- С-сегмент – граница сегмента дугообразная, у производителей также носит название С-формы от слова curved (изогнутый);
- круглый сегмент, часто называемый R-сегментом;
- линзы E-типа, или представительские; прямая линия пересекает всю линзу и разделяет ее на две зоны, примерно равные по размеру.

Ниже приведена таблица размеров сегментов различных форм.

#### Скачок изображения в бифокальных линзах

Когда взгляд человека в бифокальной линзе перемещается из зоны для дали в зону для близи, то ощущается изменение призматического действия при пересечении взглядом разделительной линии. Глаз встречает постоянно возрастающее призматическое действие по мере удаления от оптического центра зоны для дали. Когда взгляд оказывается в зоне для близи, он ощущает призматическое действие основанием вниз, внесенное сегментом на его вершине. Резкое действие призмы вызывает скачок изображения в поле зрения. Кроме того, из-за линии раздела сегмента возникает кольцевая скотома (слепой участок), в пределах которой предметы будут полностью скры-



**Рис. 3.** Бифокальные дизайны очковых линз: **1** – линза с круглым сегментом; **2** – линза с D-сегментом; **3** – линза с С-сегментом; **4** – цельная минеральная линза с дугообразным сегментом; **5** – лентикулярная минеральная с дугообразным сегментом (Rodenstock); **6** – минеральная линза E-типа (Rodenstock).

ты до тех пор, пока пользователь бифокальных очков не поднимет голову. При этом формируется устойчивая привычка менять положение головы при чтении; следовательно, процесс перехода с бифокальных очков на прогрессивные усложняется.

Величина скачка изображения равна величине призматического действия, вносимого сегментом на линии раздела, и определяется как произведение расстояния от вершины сегмента до его оптического центра, измеренного в сантиметрах, и добавки для чтения. Например, для круглого сегмента ее можно рассчитать так:

$$\text{скачок изображения} = \text{радиус сегмента (см)} \times \text{Add.}$$

Для сегмента некруглой формы скачок изображения всегда меньше, поскольку его оптический центр расположен гораздо ближе к линии раздела. Это, собственно, и определило популярность такого дизайна.

**Таблица размеров сегментов различных форм**

Диаметры сегментов бифокальных линз, мм	
Полимерные бифокальные линзы	Цельные стеклянные бифокальные линзы
22,24,25,28, 38,40,45 круглые сегменты	30 дугообразные сегменты
25 D- и С-сегменты	38 дугообразные сегменты
28 D- и С-сегменты	40 дугообразные сегменты
40 С-сегменты	45 дугообразные сегменты
35 D-сегменты	

Ясно, что скачок изображения совершенно не зависит от силы основной линзы и положения оптического центра зоны для дали. Существуют запатентованные конструкции бифокальных линз без скачка изображения.

#### Установка и центрирование бифокальных линз

Установка бифокальных линз по вертикали осуществляется в соответствии с правилом «полей зрения», а именно: верхняя граница сегмента должна проходить по касательной к нижнему краю радужной оболочки (лимба), при этом пациент смотрит прямо вперед (нулевое направление взгляда). Для обеспечения правильного вертикального центрирования бифокальных линз проводят разметку, отмечая на демолинзе не центр зрачка, как это делается обычно, а край нижнего века. Впоследствии именно эта линия служит для позиционирования верхней точки сегмента (см. рис. 4). Установка по горизонтали осуществляется по межзрачковому расстоянию для дали.

Такое положение сегмента является нормой для подавляющего большинства людей, носящих бифокальные очки, и наиболее удобно для тех, кто надевает бифокальные очки впервые. Если возникает какое-либо сомнение в отношении требуемой высоты сегмента, если клиент находит обычное положение неудобным, линзы могут быть установлены в оправу иначе. Если бифокальные линзы выписаны главным образом для зрения вблизи, вершина сегмента может быть установлена несколько выше – скажем, посередине между нижним краем зрачка и нижним краем радужной оболочки. Если линзы выписаны для некоторой профессиональной цели и предполагается лишь их редкое использование для зрения вблизи, вершину сегмента можно расположить на 3–5 мм ниже нормы либо применить специальные конструкции бифокальных линз.

Установочная высота для бифокальных линз всегда больше, чем у прогрессивных из-за более низкого положения зоны близи. Оправы выбирают со значительным вертикальным размером для размещения сегмента, форма проема ободка – предпочтительно скругленный прямоугольник. Пантоскопический наклон для стандартных линз составляет 8–12 градусов, что гарантирует в дальнейшем «правильное» положение сегмента относительно направления взгляда.

#### Типичные правила установки бифокальных линз

1. Выберите оправу и подгоните ее правильно к лицу клиента.
2. Наденьте оправу на лицо клиента и предложите ему смотреть прямо и вперед. Если нужно, отрегулируйте высоту своего стула так, чтобы ваши глаза были точно на уровне глаз клиента.

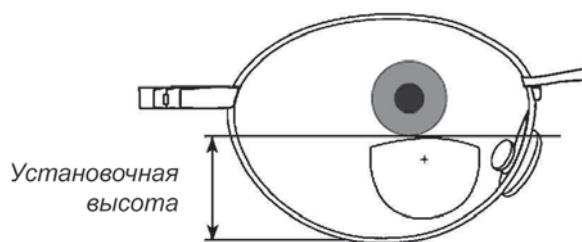


Рис. 4. Схема позиционирования верхней точки сегмента

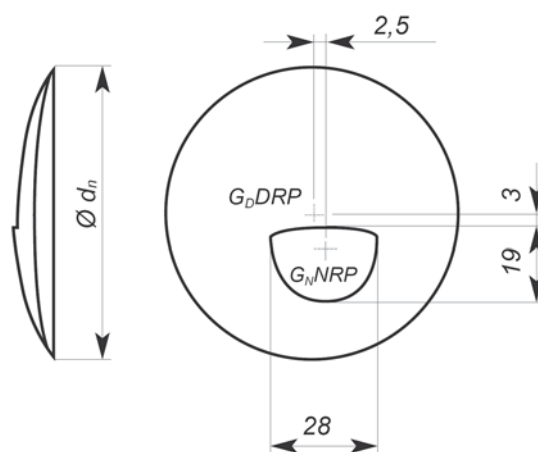
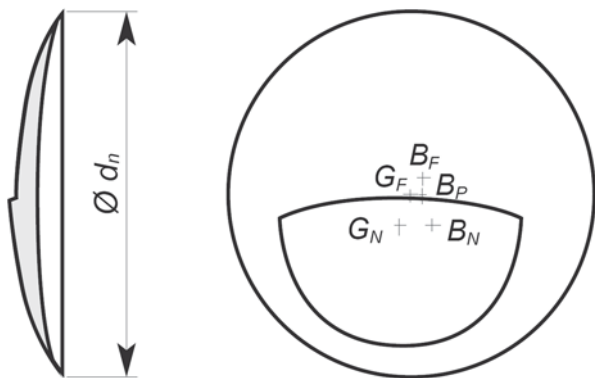


Рис. 5. Геометрические параметры сегмента в бифокальной линзе

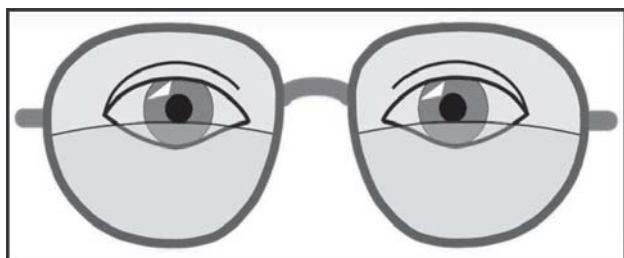
3. Предложите клиенту смотреть прямо в ваш левый открытый глаз. Затем, используя маркер, поставьте метку на уровне нижнего края радужной оболочки правого глаза клиента. Эта точка часто находится на уровне нижнего века.
4. Предложите клиенту смотреть прямо в ваш правый глаз, не двигая головой, и поставьте вторую метку напротив нижнего края радужной оболочки левого глаза клиента.
5. Снимите и снова наденьте оправу на клиента и повторите процедуру. В этот раз новых меток не ставят: нужно только убедиться, что готовые метки действительно расположены напротив нижних краев радужных оболочек.
6. Запомните величины установочной высоты сегмента или положения вершины сегмента по отношению к горизонтальной средней линии. Используйте карты разметки, чтобы убедиться, что линза нужного дизайна может быть изготовлена из заготовки с диаметром, имеющимся в наличии.

#### Контроль бифокальных линз

Проверка параметров бифокальных линз осуществляется в соответствии с ГОСТ Р 53950-2010. Контроль оптических параметров подробно описан



**Рис. 6.** Схематическое изображение правой линзы для коррекции аккомодационного косоглазия Excelit AS (C 40) от Rodenstock с большим сегментом, смещенным в темпоральную зону (к виску)



**Рис. 7.** Центрирование линзы для коррекции аккомодационного косоглазия Excelit AS в детских очках

в § 4.2 нового «Справочника медицинского оптика» [1]. В заключительной части этого параграфа особое внимание уделяется определению годности бифокальных линз и проверке возможности их парирования при разных положениях сегментов правой и левой линзы.

Отдельные требования предъявляются в стандарте к размерам сегментов (рис. 5). В соответствии с п. 5.3.3 ГОСТ Р 53950, любой из размеров сегмента (ширина, глубина и глубина промежуточной зоны) не должен отличаться от номинального значения более чем на  $\pm 0,5$  мм. Для согласованной пары очковых линз любые размеры сегмента (ширина, глубина и глубина промежуточной зоны) не должны отличаться от номинального значения более чем на  $\pm 0,7$  мм.

Поскольку ГОСТ не определяет методику контроля и допустимые значения линейных параметров положения сегментов бифокальных линз, определение годности парных линз можно оценить по величине призматического действия. Так, при контроле расстояния от базовой точки для дали (оптического центра для дали) до вершины сегмента следует произвести измерения призматического действия в точке зоны для дали в вершине сегмента правой и

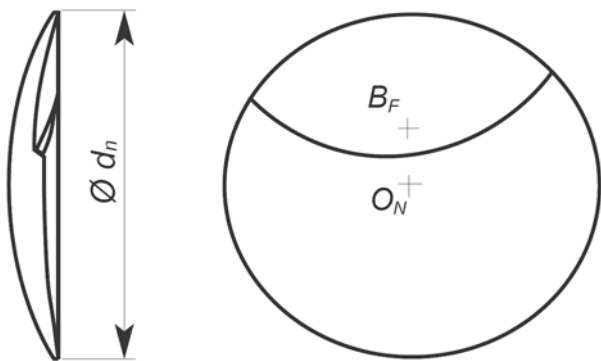
левой линз, найти их разницу и сравнить с данными первой строки третьего столбца таблицы 5 из ГОСТ Р 53950-2010.

**Пример:** При контроле парных бифокальных линз одного заказа, выполненных по рецепту OU: -3,5 Add 2,0, в правой линзе расстояние от оптического центра для дали до вершины равно 5 мм, в левой линзе – 2 мм. Годны ли линзы? Призматическое действие в вершине сегмента составило 1,75 пр. дптр в правой линзе и 0,70 пр. дптр в левой линзе. Разница  $1,75 - 0,70 = 1,05$  пр. дптр. Выбираем в таблице 5 указанного ГОСТа первую строчку (призматическое действие ноль) и третий столбец («По вертикали») и рассчитываем предельно допустимое для данного случая значение призматического дифференциала по формуле  $0,25 + 0,05 \times F' = 0,25 + 0,05 \times 3,5 = 0,425$  пр. дптр. Имеющийся призматический дифференциал 1,05 пр. дптр. превышает предельно допустимое значение 0,425 пр. дптр. Вывод: линзы не пригодны к установке. Другой способ контроля: вместо расчетного метода можно измерить значение призматического действия линз на диоптриметре.

#### Бифокальные линзы специального назначения

подавляющее большинство рецептов на бифокальные линзы выписывается для того, чтобы заменить две отдельные пары очков. Однако ни одна пара очков не сможет обеспечить наилучшим образом специальные медицинские или профессиональные требования для всех случаев жизни – например, когда нужны линзы для лечения аккомодационного косоглазия у детей или при пресбиопии с нестандартными требованиями к расположению зоны для близи в очках.

**Линзы для коррекции аккомодационного косоглазия.** Бифокальные сегменты в линзах принято смещать к носу для совмещения полей зрения при работе вблизи. С учетом средней конвергенции смещение обычно составляет 2–3 мм. Линзы для коррекции аккомодационного косоглазия Excelit AS (C 40) имеют сегмент не только увеличенный до 40 мм, но и смещенный в сторону виска для создания управляемого разводящего призматического действия (рис. 6). Действие линзы заключается в поддержке нормальной работы глаз при избыточной аккомодации и создает в зоне для близи призматический эффект кнаружи (out) за счет обратного смещения сегмента к виску. При этом компенсируется избыточное движение глаз кнутри (in), а фактор AC/A увеличивается. Благодаря такой бифокальной конструкции и величине аддидации от 2,00 до 3,00 дптр снижаются аккомодационные усилия и угол отклонения косящего глаза. Основное предназначение таких линз – достижение хорошего бинокулярного зрения вблизи.



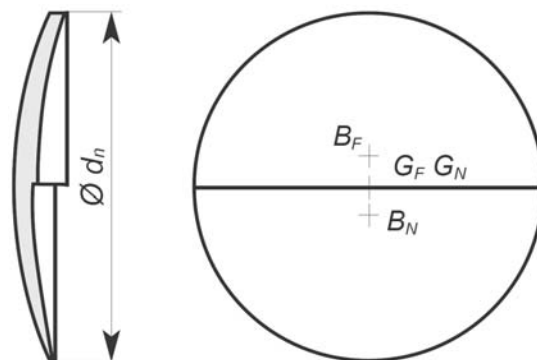
**Рис. 8.** Бифокальные линзы семейства Ardis, Rodenstock Manufaktur

Для успешного лечения линзы Excelit AS должны центрироваться выше, чем обычные бифокальные линзы, чтобы при правильной посадке очков на лице и нормальном привычном положении головы близко расположенные предметы были видны через зону для близи. В рамках терапии гиперметропии с аккомодационным косоглазием у детей вершина сегмента устанавливается по нижнему краю зрачка (рис. 7). Такое положение сегмента также обусловлено привычным направлением взгляда ребенка прямо и вверх и положением оправы на лице и голове с малым пантоскопическим наклоном из-за несформированной переносицы.

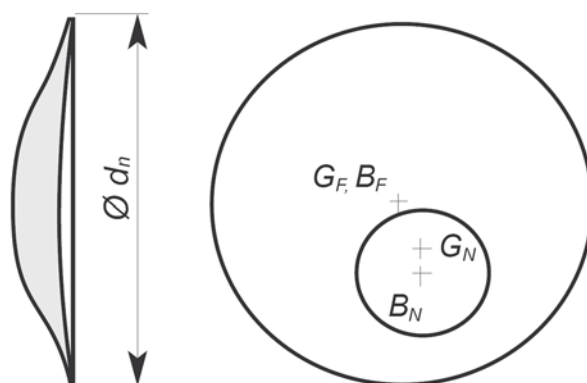
**Бифокальная линза с небольшим сегментом для дальних/средних расстояний, расположенным сверху.** Такие линзы подойдут людям, имеющим нестандартные требования к расположению зоны для близи, – например, пилотам (из-за расположения приборов сверху), архивариусам, библиотекарям, электрикам, юстировщикам станков. Конструкция характеризуется отсутствием скачка изображения (рис. 8).

Линзы относятся к семейству Ardis от Rodenstock Manufaktur и могут иметь не только бифокальную, но и трифокальную конструкцию с самым разным расположением зон. Так, линза Ardis NFN 1.50 из минерального стекла состоит из двух зон для близи – сверху и снизу, между которыми расположена зона для дали. Обе линии раздела выполняются с разворотом для совмещения бинокулярных полей зрения при взгляде через зоны близи, то есть с учетом угла разворота глаз при конвергенции.

**Бифокальные линзы из минерального стекла с прямой линией раздела (представительские).** Эти линзы (рис. 9) представляют собой цельную конструкцию и дают уникальную возможность изготовления разных призм в зонах. Возможна также индивидуальная децентрация центра зоны для близи. Такая линза доступна и в трифокальном варианте.



**Рис. 9.** Бифокальные линзы из минерального стекла с прямой линией раздела (представительские)



**Рис. 10.** Линза Perfostar Bifo для высоких гиперметропий с размером оптической зоны 44 мм.

**Бифокальная пластиковая лентиккулярная линза для коррекции высоких гиперметропий.**

Бифокальная пластиковая линза с неявным лентиккулярным для супервысоких гиперметропий со специальной поверхностью высоких порядков для гашения повышенных aberrаций плюсовой линзы носит название Perfostar Bifo 1.50 (рис. 10). Конструкцию отличает отсутствие кольцевой скотомы благодаря специальным полиномиальным поверхностям. Благодаря сложной асферичности и материалу линза имеет небольшой вес. Сегмент круглой формы диаметром 22 мм может быть выполнен с индивидуальной децентрацией зоны близи, стандартная децентрация сегмента составляет 4 мм. По вертикали линза центрируется по верхнему краю нижнего века, по горизонтали – согласно монокулярному межзрачковому расстоянию.

**Список литературы**

1. Справочник медицинского оптика: часть первая. Основы физической оптики. Физиология зрения. Контактная коррекция. Очковые линзы /Певко Д.В., Кушель Т.К., под ред. В.Г. Бахтина. – СПб., 2016.

*E-mail для связи с автором:* kushel\_family@mail.ru.

## СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ АНТИОКСИДАНТОВ В ОФТАЛЬМОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

**Резбаева Г. Н.**, зав. отделом детской офтальмологии, врач высшей категории,  
**Гатиятуллина С.Р.**, врач-офтальмолог диагностического отделения, врач второй категории,  
ФГБУ Всероссийский центр глазной и пластической хирургии Минздрава России МЗ РФ,  
г. Москва

В 1931 году в научной литературе появились первые данные о наличии различных свободных радикалов – важнейших участников множественных клеточных реакций [1]. По современным данным, свободными радикалами следует считать любые молекулы, имеющие на внешней электронной орбитали неспаренный электрон, обозначаемый символом [↑]. Важными его свойствами являются высокая химическая активность и неспособность исчезнуть до реакции с другим свободным радикалом.

Свободные радикалы делятся на две группы: первичные и вторичные. К первичным относятся постоянно образующиеся и наиболее часто встречающиеся супероксид ( $\cdot\text{O}_2$ ), нитроксид ( $\cdot\text{NO}$ ) и убихинон ( $\cdot\text{Q}$ ). Ко вторичным – гидроксильные ( $\cdot\text{OH}$ ) и липидные радикалы. Сейчас считается, что главная роль свободных радикалов в организме – быть внутри- и внеклеточными мессенджерами сигнала в нормальных условиях; но это также деструктивный фактор, возникающий в результате провоцирующих внутренних (стресс, травма, заболевание) и внешних (ультрафиолет, сигаретный дым, загрязнения окружающей среды, гамма-облучения и пр.) сигналов [2].

Соединениями, обеспечивающими защиту клеток (ткани, органа, организма) в данных ситуациях, являются антиоксиданты (АО). Они способны уменьшать или нейтрализовать интенсивность свободнорадикального окисления (СРО) путем обмена своего атома водорода на кислород свободных радикалов. При этом образуются малоактивные радикалы самого антиоксиданта, не способные к продолжению цепи [3].

В качестве антиоксидантной защиты в офтальмологической практике широко используются витаминно-минеральные комплексы, содержащие каротиноиды, антоцианы, флавонолы, витамины и минералы.

По данным исследования, при приеме внутрь каротиноидов в сетчатке избирательно накапливаются лютеин и зеаксантин [4]. Лютеин – гидроксированный каротиноид. В тканях глаза лютеин распределен неравномерно: в желтом пятне сетчатки содержится до 70% от его общего содержания в глазу. Помимо сетчатки и подлежащего пигментного эпителия он обнаруживается в сосудистой оболоч-

В данной работе описаны основные свойства компонентов «Эмоксипин плюс». Проведенное исследование выявило, что «Эмоксипин плюс» способствует повышению зрительных функций у пациентов с повышенной зрительной нагрузкой, при пресбиопии и ранних стадиях возрастной макулодистрофии, при этом отмечается улучшение субъективного состояния пациентов.

**Ключевые слова:** «Эмоксипин плюс», зрительные функции, начальная макулодистрофия, лютеин, зеаксантин, антоцианы

\*\*\*

Rezbaeva G.N., Gatiyatullina S.R. **MODERN ASPECTS OF USING ANTIOXIDANTS IN OPHTHALMIC PRACTICE**

This article describes basic properties of the components of the Emoxypin plus. The study found that the Emoxypin plus contributes to the improvement of visual functions in patients with high visual load, for presbyopia and the early stages of age-related macular degeneration, with marked improvement of the subjective condition of the patients

**Key words:** Emoxypin plus, visual function, age-related macular degeneration, lutein, zeaxanthin, anthocyanins

ке глаза, радужке, хрусталике и в цилиарном теле. Зеаксантин является изомером лютеина, он также преобладает в фовеальной области. Концентрация лютеина и зеаксантина экспоненциально убывает от центра сетчатки к ее периферии [5].

Ликопин – каротиноидный пигмент, нециклический изомер бета-каротина. Он является самым сильным нейтрализатором синглетного кислорода среди природных каротиноидов [6]. Продукт окисления ликопина – 2,6-циклоликопин-1,5-диол был обнаружен в сетчатке глаза человека. Он усиливает фотопротективный эффект лютеина и зеаксантина. Высокий уровень ликопина обнаружен не только в пигментном эпителии сетчатки, но и в цилиарном теле. Ликопин как неспецифический антиоксидант замедляет перекисные процессы в тканях, в том числе в хрусталике. В клиническом исследовании обнаружена обратная зависимость между содержанием ликопина в крови и риском развития катаракты [7]. Клинические исследования указывают, что употребление продуктов, содержащих ликопин, снижает риск повреждения клеточной ДНК и уменьшает содержание продуктов перекисного окисления липидов у здоровых людей, курильщиков и больных диабетом II типа [8].

Многоцентровое рандомизированное клиническое исследование AREDS позволило заменить бета-каротин на лютеин/зеаксантин и снизить дозировку цинка до 25 мг [9]. Исследования CARMA (2006 г.) и LUNA (2007 г.) выявили, что добавление к рациону лютеина, зеаксантина, витаминов С, Е, цинка и селена приводит к увеличению оптической плотности макулярных пигментов, улучшению контрастной чувствительности через 36 месяцев после начала лечения [10].

Антоцианоиды и флавоноиды обладают противовоспалительным и антиоксидантным действием, укрепляют стенку сосудов, снижают проницаемость биологических барьеров, положительно влияют на репаративные процессы, регулируют биосинтез коллагена, способствуют восстановлению окисленного родопсина и улучшению трофики сетчатки за счет коррекции микроциркуляции, трансапиллярного обмена и восстановления тканевых механизмов защиты [11].

Антиоксидантная защита осуществляется на разных этапах оксидативного процесса: предотвращение образования свободных радикалов, связывание и инактивация реактивных молекул. Основными тканевыми антиоксидантами являются аскорбиновая кислота, глутатион, каталаза, в мембране клеток – витамин Е и каротиноиды, а также меланин [12]. Восстановление витамина Е определяется активностью витамина С. Кофакторами этих реакций являются селен и цинк [13]. Витамин А ускоряет инактивацию свободных радикалов в сетчатке и предотвращает развитие синдрома сухого глаза [14].

Учитывая вышеизложенное, мы исследовали разные возрастные группы населения с целью оценки эффективности «Эмоксипин плюс».

### Пациенты и методы

Исследование проводилось на базе Всероссийского центра глазной и пластической хирургии: в детском офтальмологическом отделе и диагностическом отделении.

Группа лиц для исследования была сформирована на добровольных началах, в соответствии с положениями Хельсинкской Декларации Всемирной медицинской ассоциации (1996, 2002).

В первую группу вошли 30 человек молодого возраста (средний возраст составил  $18,6 \pm 0,6$  года, объективная рефракция  $0,13 \pm 0,1$  дптр, длина глаза  $23,24 \pm 0,58$  мм). Вторую группу составили 25 человек зрелого возраста ( $52,69 \pm 7,01$  года) с эметропией (объективная рефракция  $0,17 \pm 0,1$  дптр, длина глаза  $23,22 \pm 0,61$  мм). Третья группа состояла из 40 человек, получающих курс лечения по поводу сухой формы возрастной макулодистрофии стадии I и II по AREDS (средний возраст составил  $64,6 \pm 0,6$  года, объективная рефракция  $0,19 \pm 0,1$  дптр, длина глаза  $23,23 \pm 0,62$  мм). Срок приема препарата составил в

первой и второй группах 30 дней по 1 капсуле 1 раз в день, в 3 группе – 30 дней по 1 капсуле 2 раза в день.

Никто из обследуемых не принимал никакие биологически активные добавки в течение 6 месяцев до начала исследования

Всем обследуемым до начала исследования, а также через 30 дней был проведен полный комплекс офтальмологического обследования, включающий визометрию с определением некорригированной остроты зрения и максимально корригированной остроты зрения, оценку остроты зрения близи (на расстоянии 40 см), пневмотонометрию, биомикроскопию переднего отрезка глаза, непрямую офтальмоскопию сетчатки в условиях медикаментозного мидриаза с помощью линзы 60 D, тест Амслера, светочувствительность глаза.

### Результаты исследования

Все испытуемые первой группы на фоне применения капсул «Эмоксипин плюс» в дозировке по 1 капсуле 1 раз в день в течение 30 дней отметили субъективное улучшение зрения, уменьшение астенопических жалоб. Бинокулярная острота зрения незначительно повысилась с  $1,11 \pm 0,12$ , работоспособность – до  $1,14 \pm 0,11$ . Объективная рефракция после курса составила  $0,12 \pm 0,09$ , остальные показатели остались без изменений.

Во второй группе пациентов после приема капсул «Эмоксипин плюс» также на 30 день отмечалось уменьшение астенопических жалоб, наблюдалось повышение остроты зрения с  $0,99 \pm 0,04$  до  $1,1 \pm 0,03$ , объективная рефракция составила  $0,15 \pm 0,1$ . Кроме того, у 96% (24 человека) обследуемых повысилась световая чувствительность сетчатки (оценка в пределах 0-20 Дб) с  $17,34 \pm 1,2$  Дб до  $18,56 \pm 1,3$  Дб. У 1 пациента показатели светочувствительности не изменились.

В третьей группе пациентов после приема капсул «Эмоксипин плюс» у 75% пациентов (30 человек) на 30 сутки отмечалось субъективное улучшение состояния. Острота зрения повысилась в 70% случаев (28 пациентов) в среднем с  $0,66 \pm 0,02$  до  $0,69 \pm 0,04$ ; в 30% случаев (12 пациентов) острота зрения осталась без изменений. Повышение светочувствительности сетчатки наблюдалось в 88% случаев (35 обследуемых) с  $14,36 \pm 0,48$  Дб до  $16,61 \pm 0,29$  Дб,  $p < 0,001$ . Прежняя светочувствительность сетчатки сохранилась в 22% случаев (у 12 человек). Остальные параметры остались без изменений у всех обследуемых третьей группы.

Таким образом, компоненты «Эмоксипин плюс» способствуют повышению зрительных функций у пациентов с повышенной зрительной нагрузкой при пресбиопии и ранних стадиях возрастной макулодистрофии. При этом отмечается улучшение субъективного состояния пациентов, что позволяет рекомендовать капсулы «Эмоксипин плюс» данной категории пациентов.



# ЭМОКСИПИН ПЛЮС

«ЭМОКСИПИН ПЛЮС» способствует нормализации обменных процессов в тканях глаза в условиях повышенной зрительной нагрузки, при интенсивном воздействии света и УФ-излучения, при ношении контактных линз и очков, заболеваниях сетчатки, глаукоме, катаракте.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК:

- лютеина • зеаксантина • ликопина • таурина • рутина •
- витаминов А, Е, С • цинка • хрома • селена •
- флавонолов и антоцианов •

ТУ 10.89.19-002-18833344  
СГР № RU.77.99.88.003.E.002761.06.16  
от 30.06.2016 г.

 **ПРОФИТ ФАРМ**

www.profitpharm.ru  
тел./факс: +7 (495) 664 27 89  
e-mail: info@profitpharm.ru

БАД К ПИЩЕ. НЕ ЯВЛЯЕТСЯ ЛЕКАРСТВОМ.

**Список литературы**

1. Michaelis L. Rosinduline as oxidation-reduction indicator. – 1931. – С. 369–372.
2. Tirzitis G. Determination of antiradical and antioxidant activity: basic principles and new insights // 2010. – Vol. 57. – № 1. – P. 139–142.
3. Чеснокова Н.П., Понукалина Е.В., Бизенкова М.Н. Общая характеристика источников образования свободных радикалов и антиоксидантных систем // Успехи современного естествознания. – 2006. – № 7. – С. 37–41.
4. Bone R.A., Landrum J.T., Friedes L.M. и соавт. Distribution of lutein and zeaxanthin stereoisomers in the human retina // Exp. Eye Res. – 1997. – Vol. 64. – С. 211–218.
5. Snodderly D.M., Handelman G.J., Adler A.J. Distribution of individual macular pigment carotenoids in central retina of macaque and squirrel monkeys // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 1991. – Vol. 32. – С. 268–279.
6. Miller N.J., Sampson J., Candeias L.P. и соавт. Antioxidant activities of carotenes and xanthophylls // FEBS Lett. – 1996. – Vol. 384. – С. 240–242.
7. Yu H.C., Chun X.J., Hong W.P. Association of blood antioxidants and vitamins with risk of age-related cataract: a meta-analysis of observational studies // Am. J. Clin. Nutr. – 2013. – Vol. 98. – С. 778–786.
8. Sridevi D., Surekha M., Arpita B. и соавт. A dose-response study on the effects of purified lycopene supplementation on biomarkers of oxidative stress // J. Am. Coll. Nutr. – 2008. – Vol. 27. – С. 267–273.
9. Lutein + zeaxanthin and omega-3 fatty acids for age-related macular degeneration: the Age-Related Eye Disease Study 2 (AREDS2) randomized clinical trial // JAMA. – 2013. – Vol. 309. – P. 2005–2015.
10. Trieschmann M., Beatty S., Nolan J. M. и соавт. Changes in macular pigment optical density and serum concentrations of its constituent carotenoids following supplemental lutein and zeaxanthin: the LUNA study // Exp. Eye Res. – 2007. – Vol. 84. – С. 718–728.
11. Кравчук Е.А. Роль свободнорадикального окисления в патогенезе заболеваний глаз // Вестник офтальмологии. – 2004. – Т. 120. – № 5. – С. 48–51.
12. Blokhina O., Virolanen E., Fagerstedt K.V. Oxidative stress in the pathogenesis of macular degeneration // Ann. Bot. – 2003. – Vol. 91. – С. 179–194.
13. Cai J., Nelson K.C., Wu M. и соавт. Prevention of age related macular degeneration // Prog. Retin. Eye Res. – 2000. – Vol. 19. – С. 205–221.
14. Mangels A.R., Holden J.M., Beecher G.R. и соавт. Carotenoid content of fruits and vegetables: an evaluation of analytic data // Journal of the American Dietetic Association. – 1993. – Vol. 93. – № 3. – P. 284–296.

*E-mail для связи с авторами:* gulnarani@mail.ru.

## VIII Симпозиум «Осенние рефракционные чтения»

Российская академия медицинских наук  
ФГБНУ «НИИ глазных болезней»

НОЧУ ДПО «Академия медицинской оптики и оптометрии»

*Уважаемые коллеги! Приглашаем вас принять участие в  
VIII симпозиуме «Осенние рефракционные чтения»*

**Тема:** «Диагностика, коррекция и лечение рефракционных нарушений».

**Даты:** 17–19 ноября 2017 г.

**Место проведения симпозиума:** г. Москва, ул. Россолимо, 11, аудиторный корпус ФГБНУ «НИИ глазных болезней».

**Формат симпозиума:** научно-образовательный.

Программа симпозиума будет состоять из пленарного заседания и образовательных сателлитов, в рамках которых будут обсуждаться различные проблемы диагностики, лечения проблем прогрессирующей миопии – как с точки зрения рефракционных нарушений, так и с точки зрения комплексного здоровья глаз.

**Предлагается обсуждение следующих основных тем:**

- Современные методы оценки анатомио-функционального состояния глаза при различных рефракционных нарушениях
- Современные оптические и хирургические методы коррекции рефракционных нарушений
- Прогрессирующая миопия: вопросы этиопатогенеза, методы стабилизации и коррекции, лечение и профилактика осложнений
- Индуцированные рефракционные нарушения: вопросы профилактики и коррекции

**Новое: разбор клинических случаев для выбора оптимального метода коррекции аметропии (в формате круглого стола).**

**Предварительные темы образовательных сателлитов:**

1. Методы оптической и хирургической стабилизации прогрессирующей миопии
2. Тактика ведения пациентов с осложненной миопией
3. Подходы к коррекции индуцированных аметропий

В рамках симпозиума планируется выставка современного диагностического оборудования, средств оптической коррекции и инновационных технологий.

*Желающие выступить могут отправить заявку с темой доклада и краткой аннотацией на электронную почту: postmaster@glaucomagjournal.ru.*

**Менеджер проекта:** Колчина Анастасия

Тел.: 8 (495) 602-05-52, доб. 1510; моб.: 8-910-019-65-55. E-mail: 1510@okvision.ru.

# ДЕНЬ ЗРЕНИЯ – 2017

19–20 мая, отель Radisson, г. Калининград

В этом году с 19 по 20 мая в Калининграде состоялся ежегодный выставочно-образовательный проект «День зрения». Это одно из крупнейших мероприятий на российском офтальмологическом и оптическом рынках традиционно объединяет ведущих специалистов в области диагностики, лечения и коррекции рефракционных нарушений у детей и взрослых. Проект ежегодно затрагивает наиболее актуальные темы и способствует повышению профессионального уровня офтальмологов, оптометристов, медицинских оптиков и менеджеров оптических салонов.

Организаторы мероприятия, компании Stormoff и НОЧУ ДПО «Академия медицинской оптики и оптометрии», при поддержке британской компании Contamac подготовили для участников насыщенную программу обучения. Кроме лекций в нее были включены мастер-классы и сателлитные симпозиумы по самым разным темам. На одном из них были представлены МКЛ Vausch + Lomb Ultra.

Проект «День зрения», удостоенный Национальной премии оптической индустрии «Золотой лорнет» в номинации «Маркетинговый проект года» (2014 г.) – это мероприятие уникального формата. Оно не только включает в себя лекции, семинары и практические занятия на современном офтальмологическом оборудовании, но и собирает «круглые столы», в рамках которых специалисты из разных регионов могут обмениваться опытом и совершенствовать свои знания, что в конечном счете благотворно сказывается на качестве медицинской помощи, оказываемой населению.

Также в рамках конференции впервые в России прошел «Форум производителей контактных и интраокулярных линз», где были затронуты такие актуальные в наше вре-



**Проф. А. В. Мягков (Москва)**



**Проф. В. П. Еричев (Москва)**

мя темы, как «Материалы и технологии производства контактных линз», «Контроль миопии с помощью контактных линз» и многие другие. Большое внимание уделялось склеральным, ортокератологическим и другим индивидуальным КЛ, а также вопросам организации работы современной лаборатории по изготовлению контактных линз.

«День зрения» – это проект, объединяющий врачей из совершенно разных сфер офтальмологии. Научно-организационный комитет выставочно-образовательного проекта «День зрения» искренне благода-



**Проф. Т. П. Кащенко, заслуженный врач РФ (Москва)**



**Проф. В. Н. Трубилин (Москва)**



**Мартин Конвей, FBDO, FIACLE, FBCLA (Великобритания, Contamac)**

рит всех партнеров и участников мероприятия. Будем рады видеть вас вновь в 2018 году!

## XIV Юбилейная Всероссийская научная конференция с международным участием «Федоровские чтения – 2017»

15–16 июня 2017 г., МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова, г. Москва

В середине июня при поддержке Общества офтальмологов России состоялась XIV Юбилейная Всероссийская научная конференция с международным участием «Федоровские чтения – 2017». Форум прошел в год 90-летия со дня рождения основателя МНТК «Микрохирургия глаза» – всемирно известного ученого, академика Святослава Николаевича Федорова. Конференцию посетило более 1200 человек из России, а также дальнего и ближнего зарубежья: Азербайджана, Армении, Беларуси, Германии, Йемена, Китая, Японии, Грузии, Казахстана и других стран.

Мероприятие началось с демонстрации фильма о С.Н. Федорове «Человек с планеты Прозрения», подготовленного Калужским филиалом МНТК «Микрохирургия глаза» к юбилею академика.

Форум открыл генеральный директор МНТК «Микрохирургия глаза» профессор А.М. Чухраев: «Нынешняя конференция особая, она проходит в год 90-летия со дня рождения основателя МНТК, великого русского ученого, врача, учителя – Святослава Николаевича Федорова. Герой социалистического труда, академик Российской академии наук, выдающийся офтальмолог XX века, политик, экономист, организатор, новатор и первопроходец – этот список можно продолжать бесконечно. Главное, что Федоров оставил после себя, – это плеяда блестящих учеников и последователей во всех уголках не только нашей страны, это философия новаторства и любви к своей профессии». Александр Михайлович пожелал присутствующим творческих дискуссий и радости общения с коллегами.

С 90-летием со дня рождения академика С.Н. Федорова участников и организаторов конференции поздравил главный внештатный специалист офтальмолог Минздрава России, член-корреспондент РАН, профессор Владимир Владимирович Нероев. Он зачитал приветственное письмо Министра здравоохранения РФ В.И. Скворцовой.

Гостей и участников форума поприветствовали: заместитель генерального директора по научной работе МНТК «Микрохирургия глаза» профессор Б.Э. Малюгин, вдова Святослава Николаевича Ирэн Ефимовна Федорова, главный внештатный офтальмолог Минздрава Республики Башкортостан профессор М.М. Бикбов, руководитель Офтальмологического института Харбинского медицинского университета профессор Лю Пин, ученик С.Н. Федорова, офтальмохирург Кодо Окуяма (Япония).

Дочь Святослава Николаевича Ирина Святославовна Федорова представила небольшой видеофильм, в котором своими воспоминаниями о великом ученом делится его друг – известный итальянский офтальмолог, профессор Фабио Досси.



**Проф. М. А. Фролов (справа) от имени руководства РУДН вручает генеральному директору МНТК «Микрохирургия глаза» проф. А. М. Чухраеву памятный диплом.**

В адрес форума свои приветствия направили директор ГУ «Территориальный фонд ОМС Санкт-Петербурга» Александр Михайлович Кужель и председатель Комитета по здравоохранению Санкт-Петербурга Валерий Михайлович Колабутин.

По случаю празднования 90-летия со дня рождения С.Н. Федорова на юбилейной конференции от руководства РУДН был вручен памятный диплом.

Форум продолжило заседание секции «Исторический вклад в российскую и мировую офтальмологию основателя МНТК «Микрохирургия глаза» академика Святослава Николаевича Федорова». Свои доклады представили ученики и соратники Федорова: В.Д. Захаров, В.К. Зуев, Н.П. Паштаев, Кодо Окуяма, А.И. Ивашина, В.Г. Копаева. Выступающие отметили, что с именем выдающегося офтальмохирурга на протяжении десятилетий были связаны понятия прогресса и становления новой идеологии в медицине.

Тематика представленных на конференции сообщений была весьма разнообразна. В программе секции «Инновации в диагностике и лечении глаукомы» были продемонстрированы современные достижения ведущих офтальмологов в лечении больших глаукомой.

В научных докладах излагались новые технологии в хирургическом и лазерном лечении различных форм глаукомы, которые обеспечивают стойкий гипотензивный эффект, безопасность вмешательства, стабилизацию зрительных функций. Представлены разнообразные подходы, новейшие методики, инновации в лечении рефрактерной глаукомы в наиболее сложных клинических ситуациях. Широко освещались вопросы хирургического лечения глаукомы и сочетанной офтальмопатологии.



**Проф. Б. Э. Малюгин, председатель  
Общества офтальмологов России**



**Проф. В. В. Неров, директор МНИИ  
ГБ им. Гельмгольца, заслуженный  
врач РФ, член Академии военных наук**



**К. м. н. И. С. Федорова**



**Проф. А. А. Шпак**

Особый интерес у слушателей вызвало заседание секции «Фундаментальные проблемы патологии сетчатки и ретинального пигментного эпителия». Свою программную лекцию «Механизмы светового повреждения сетчатки и ретинального пигментного эпителия. Естественная и искусственная светофильтрующая защита от опасности» представил академик РАН, президент Российского физиологического общества им. И.П. Павлова М.А. Островский.

На секции прозвучали сообщения о перспективах применения нанотехнологий для доставки лекарственных препаратов в глаз, о роли экспериментального моделирования в поиске новых подходов к профилактике и лечению ретинопатии недоношенных, эволюции базовых представлений о ретинальном пигментном эпителии и др.

Заседание сессии «Современные аспекты нейроофтальмологии» было посвящено проблемам диагностики и лечения оптических невритов и атрофии зрительного нерва при неврологических заболеваниях, применению новых методов исследования врожденной и наследственной патологии.

На секции «Механизмы инновационного управления в системе оказания офтальмологической помощи» обсуждались вопросы перспективного развития методов планирования и управления в системе оказания офтальмологической помощи с использованием информационных технологий.

Второй день конференции «Федоровские чтения» начался с заседания секции «Воспаление глаза. Заболевания глазной поверхности». В коротком формате слушателям было представлено максимальное количество новой и современной информации по всем разделам поражения глазной поверхности. Секция была построена по принципу мини-лекций известнейших специалистов в области воспаления глаза.

В конференц-зале поликлиники прошло заседание секции «Аметропии. Патология бинокулярного зрения и глазодвигательные нарушения», где обсуждались проблемы диагностики, хирургического и консервативного лечения пациентов с глазодвигательными нарушениями, косоглазием, диплопией. Секцию открыла лекция проф. Кащенко о диагностике и лечении оптического нистагма. Тамара Павловна отметила перспективность нового метода периодических световых воздействий на основе компьютерной видеоокулографии и периодической световой стимуляции.

Используя внешний световой раздражитель, можно «захватить» частоту нистагма и влиять на нее путем синхронизации. Лечение действительно позволяет уменьшить частоту нистагма или полностью устранить его, что повышает остроту зрения и благотворно влияет на остальные зрительные функции. Д-р С.Г. Агагулян выступила с докладом от группы соавторов о новой методике восстановления сенсорной фузии у детей с косоглазием. Для этого используются мигающие жидкокристаллические очки, позволяющие с заданной частотой перекрывать попеременно правый и левый глаз. Параметры стимулирования каждого глаза настраиваются отдельно, терапия проходит в максимально естественных условиях и без ограничения времени процедур. Все это и определяет практические преимущества данной методики, уже запатентованной в США и Европе. Избавление от необходимости частых визитов в лечебный кабинет – одно из преимуществ современных технологий. В докладе д-ра Г.Х. Зайнутдиновой от группы соавторов была описана компьютерная программа Amblyocaption, разработанная при участии проф. Уве Кампфа (Дрезден). Эта система визуальных упражнений успешно применяется как дополнительный метод лечения рефракционной амблиопии у детей. Причем как сами упражнения, так и контроль их эффективности осуществляются через интернет. На секции также отмечалась социально-экономическая важность своевременной диагностики аметропий в детском возрасте. С докладом по этой теме выступила

от группы авторов д-р Е.Ю. Маркова. Ранняя коррекция аномалий рефракции и плеоптическое лечение дают заметный положительный результат в большинстве случаев: повышение корригированной остроты зрения, формирование бинокулярного зрения, уменьшение или отсутствие угла девиации. Своевременная диагностика позволяет существенно снизить затраты на лечение осложнений.

Секция «Актуальные вопросы детской офтальмохирургии» была посвящена обсуждению проблем детской офтальмологии: современным методам диагностики и коррекции аметропий, офтальмологической помощи детям с патологией органа зрения: выбору оптимальных методов диагностики, лазерного и хирургического лечения, современным тенденциям в лечении воспалительных заболеваний глаз у детей.

Большой интерес у аудитории вызвал видеосимпозиум «Нестандартные клинические случаи в практике катарактального хирурга», на которой докладчики продемонстрировали видеofilмы хирургического лечения осложненных, нестандартных случаев. Докладчики сопровождали показ комментариями и обоснованием выбранной тактики. Последующие дискуссии позволили обсудить предложенную тактику операции, подчеркнуть ее преимущества и сформулировать рекомендации для практикующих офтальмохирургов.

Секция «Воспаление глаза. Клинические случаи» была составлена из коротких клинических разборов нестандартных и сложных случаев. Основная цель секции – как обучение врачей дифференциальной диагностике заболеваний переднего отрезка, так и отработка навыков принятия решений при терапии в нестандартных ситуациях.

На заседании секции «Редкие и сложные клинические случаи в офтальмоонкологии» присутствующие смогли ознакомиться с редкими и сложными случаями диагностики и подходами к лечению при глазных опухолях у взрослых и детей.

В зале приемов главного корпуса прошла интерактивная постерная сессия.

Секция «Воспаление глаза. Увеиты» была создана для обеспечения возможности интерактивного общения врачей-офтальмологов с научными сотрудниками, специализирующимися на проблеме внутреннего воспаления глаза. Заданные тематики лекций и обсуждения предполагали возможность полноценного разбора наиболее часто встречаемых увеальных состояний.

План секции «Офтальмопластика» включал пять лекций на разные темы пластической офтальмохирургии, доклады и час открытой дискуссии с обсуждением спорных методик, сложных клинических случаев. Можно было задать конкретный вопрос любому профессионалу, находящемуся в зале, попросить совета по лечению своих пациентов или обсудить с коллегами технику операции. С особым интересом участники и гости мероприятия ожидали трансляцию «живой хирургии», которая прошла в рамках заседания. В режиме онлайн непосредственно из операционной МНТК «Микрохирургия глаза» были показаны сложнейшие операции в области реконструктивно-пластической хирургии.



**Президиум секции «Фундаментальные проблемы патологии сетчатки и ретинального пигментного эпителия» (слева направо): проф. Н. Б. Чеснокова, акад. М. А. Островский, акад. А. А. Кубатиев, проф. Л. А. Катаргина, проф. С. А. Борзенко**

На конференции работала выставка последних достижений в области офтальмологического оборудования, фармакологических препаратов и расходных материалов крупнейших зарубежных и российских фирм. Свои спутниковые симпозиумы на конференции провели компании: ООО «Фирн М», ООО «Алкон Фармацевтика», ООО «МД ВИЖН», ООО «Сентисс Рус», ООО «ТЕА Фарма».



**Стенд компании Alcon**



**Стенд компании Bausch + Lomb**



**Стенд компании «Фирн М»**

# «ТРАНС-ФРК»: НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ

**Мягих А. И.**, генеральный директор, к. т. н., **Субботин Е. А.**, врач-офтальмолог, **Клименко З. С.**, врач-офтальмолог, ООО «Ост-Оптик К», ООО «Ост-Оптик Ск», г. Владивосток

## Введение

Набирающее популярность выполнение ФРК с предварительным лазерным удалением эпителия все чаще называют «трансэпителиальной ФРК». В силу особенностей русского языка этот термин легко превращается в «Транс-ФРК». Лаконичность и точность термина способствует его не всегда оправданному использованию, вследствие чего начинают размываться и затушевываться отличительные особенности различных методов проведения ФРК. Снова, как и много лет назад, недостатки отдельных установок объявляются «родовыми травмами» метода, а малозначительные усовершенствования – как минимум революцией в рефракционной хирургии.

На этом фоне становится актуальным обозначение критериев физических и методологических особенностей, которые являются основой для достижения действительно новых результатов в области лазерной коррекции миопии. Серьезным набором таковых отличий обладает российская эксимер-лазерная установка «Профиль-500», работа с которой на протяжении полутора десятков лет в полной мере подтвердила претензию методики Транс-ФРК® на исключительность среди остальных типов ФРК [1].

Значимость технических различий иногда просто непонятна даже людям, считающим себя специалистами в области лазерной коррекции зрения. Именно поэтому есть настоятельная необходимость суммировать эту информацию, чтобы при дальнейших обсуждениях не путаться в терминологии.

Итак, по порядку:

1. Луч лазера установки «Профиль-500» не является сканирующим. Он неподвижен, а его ширина совпадает с границами поля операции.
2. Плотность энергии в поперечном сечении луча не является постоянной, а изменяется по закону радиального распределения Гаусса.
3. На краю поля операции лазерный луч диафрагмируется примерно по порогу эффективной абляции.
4. Коррекция сложного миопического астигматизма достигается деформацией радиального распределения плотности энергии в виде растяжения по направлению слабой оси астигматизма.
5. Величина коррекции рефракции определяется исключительно числом импульсов, воздействующих на строму.

Из технических характеристик явным и неявным образом вытекают методологические отличия Транс-

На конкретных примерах показаны отличительные черты методики лазерной коррекции миопии, соответствующей товарному знаку Транс-ФРК®, и реализованной на отечественной установке «Профиль-500». На основании технических различий рассмотрены возможности коррекции очень малой и экстремально высокой миопии (в том числе и при тонкой роговице), резкое снижение вероятности появления послеоперационных хейзов. На основании сравнения исходных данных и результатов проведенных операций делается предположение о возможности проведения «Транс-ФРК» молодым людям, не достигшим возраста 18 лет. Перечисленные аспекты существенно расширяют границы применимости лазерной коррекции миопии. Полученные результаты частично докладывались и публиковались в сборниках рефракционных конференций в МНТК «Микрохирургия глаза». В данной публикации вниманию специалистов предлагается сводная информация по свойствам и результатам применения методики «Транс-ФРК».

**Ключевые слова:** «Транс-ФРК», толщина роговицы, лазерная коррекция зрения (ЛКЗ), коррекция малой миопии, коррекция очень высокой миопии, вероятность хейзов, возрастные ограничения для ЛКЗ, «Профиль-500», гауссов луч, периферический дефокус

\*\*\*

Myagkih A.I., Subbotin E.A., Klimenko Z.S. **TRANS-PRK: THE NEW HORIZONS**

Specific examples show the distinctive features of the method of myopia laser correction, implemented on the Russian equipment Profile-500 (the Trans-PRK® trademark). On the basis of technical differences, the possibility of correcting very small and extremely high myopia (including thin corneas), and also a sharp decrease in the likelihood of postoperative hazes are described. Based on a comparison of the baseline data and the results of the performed operations, it is assumed that Trans-PRK® laser surgery can be performed on young people under the age of 18 years. These aspects significantly expand the scope of applicability of laser myopia correction.

The results were partially reported and published in collections of studies from refractive conferences in the MNTK Eye Microsurgery. In this publication, specialists are invited to summarize information on the properties and results of the Trans-PRK technique application.

**Key words:** Trans-PRK, corneal thickness, laser vision correction (LVC), small myopia correction, correction of very high myopia, chances of haze, age limitations for LVC, Profile-500, gauss ray, peripheral defocus

ФРК® от остальных методик, претендующих на схожее название:

1. Не требуется отдельной программы (этапа) деэпителизации роговицы, поскольку врач четко и ясно видит момент достижения стромы по изменившемуся характеру свечения поля операции. Таким образом, выполняется абсолютная нормировка на толщину эпителия.

2. Нет необходимости в системах центрации поля операции и слежения за положением зрачка (Eye Tracking).
3. Нет проблем с дезителитизацией краев поля операции, поскольку на малых плотностях энергии коэффициенты абляции эпителия и стромы практически совпадают.
4. Зависимость коэффициента абляции стромы от плотности энергии обеспечивает естественную мультифокальность в оптической зоне с максимально возможной плавностью переходной зоны.
5. Гладкость обработанной поверхности стромы находится на уровне длины волны излучения, то есть максимально достижимая физически.
6. Минимизация поглощения лазерного излучения роговицей сделала явным эффект послеоперационной регенерации толщины роговицы без рефракционного регресса.

Преимущества применения такой установки достаточно впечатляющи, но без конкретных примеров не вполне очевидны даже для специалистов.

Целью настоящей работы является демонстрация возможностей лазерной коррекции миопии при использовании Транс-ФРК®.

### Материалы и методы

Для обработки был взят массив данных пациентов (6071 глаз), прооперированных во Владивостоке в клинике «Ост-Оптик К» на установке «Профиль-500» по методике «Транс-ФРК». Сферозэквивалент исходной миопии от (-)0,38 до (-)22,38 диоптрий, возраст – от 16 до 60 лет, срок наблюдения после операции – не менее 100 дней.

Для целей данной работы из общего массива данных были выбраны характерные случаи коррекции как очень малой, так и экстремально высокой миопии, имеющие максимальную частоту и информативность послеоперационных наблюдений. При рассмотрении вопроса о возрастных особенностях ЛКЗ общий массив данных был разделен на возрастные группы: до 18 лет включительно (330 глаз), от 19 до 25 лет включительно (2211 глаз), от 26 до 30 лет включительно (1484 глаза), от 31 до 40 лет включительно (1641 глаз) и старше 41 года (405 глаз). Для каждой группы приведены данные по исходной миопии, по разнице рефрактометрии на узкий и широкий зрачок, определены коэффициенты результативности лазерной коррекции, проанализированы данные об изменении толщины роговицы после операции. Все перечисленные параметры приводятся в наиболее информативном виде – в виде распределений с вычислением средних значений и стандартных отклонений.

Качество рефракционной операции определялось по критерию значения коэффициента эффективности (Кэфф): отношения некор-

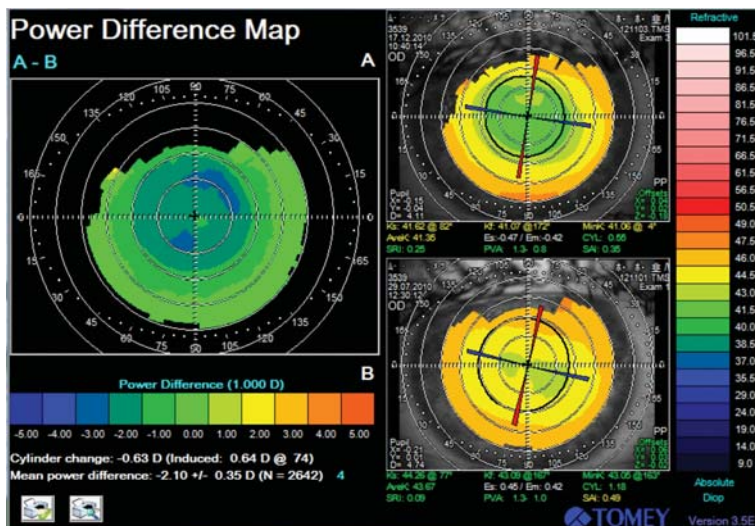


Рис. 1. Пример кератотопограммы до, после операции (5,5 мес., VisOD = 1,0) и разность оптических сил роговицы.

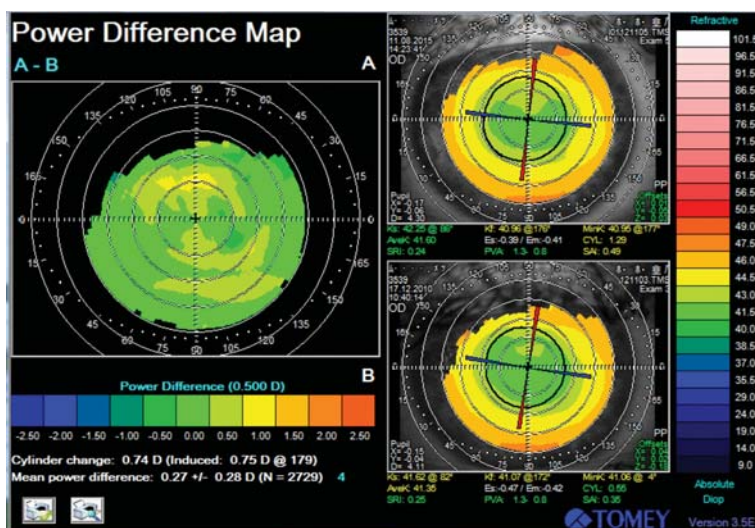


Рис. 2. Пациентка С., кератотопограммы после операции (5,5 мес.), после операции (5 лет) и разность оптических сил роговицы.



Рис. 3. Распределение коэффициента эффективности при коррекции малой миопии (SE < -1,51 D)

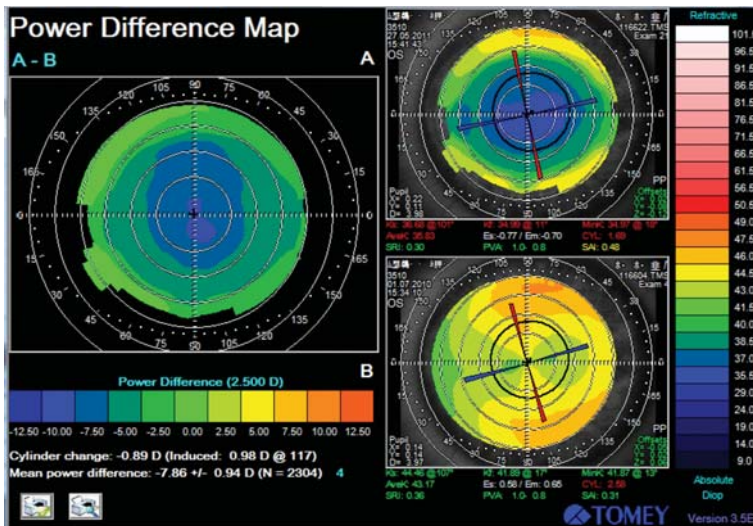


Рис. 4. Пациент С., 24 года. До и после (11 месяцев) первого этапа

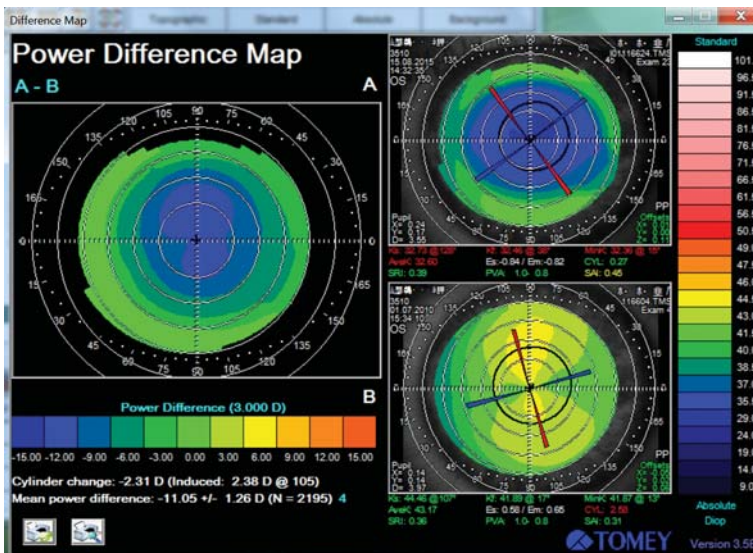


Рис. 5. Пациент С., 24 года. До операции и через 4 года после второго этапа

ригированной остроты зрения после операции к корригированной остроте зрения до операции [2]:

$$\text{Кэфф} = \text{UDVA Post-Op} / \text{CDVA Pre-Op}$$

## Результаты и обсуждение

### 1. Коррекция малой миопии

Спецификой применяемой методики является возможность абсолютной нормировки на толщину эпителия в зоне операции. Благодаря этому число импульсов по строме может быть выдержано с точностью до 3–5 импульсов, что соответствует величине рефракционного эффекта не более 0,1 диоптрии. В совокупности с тем фактом, что каждым импульсом лазера со всей площади операции удаляется практически идеальная в оптическом смысле микролинза, это означает возможность коррекции даже очень малых значений исходной миопии.

Из общего числа прооперированных глаз доопера-

ционный сферозэквивалент (в условиях циклоплегии) меньше минус 1,5 дптр имели 280 глаз (чуть меньше 5%). Вопрос о необходимости коррекции столь малых значений миопии индивидуально обсуждался с каждым пациентом. Единственным мотивом для проведения операции было требование высокой некорригированной остроты зрения. Типичный пример приведен на рисунке 1: пациентка С., 24 года, VisOD = 0,1 [Sph = (-)1,25 Cyl = (-)0,5 Ax = 150 VisOD = 0,7], амблиопия сл. ст., кератотопограммы до и после операции, разность оптических сил роговицы (Difference Map) при коррекции миопии слабой степени.

Благодаря тому, что основная масса пациентов проживает в том же регионе, где делает коррекцию зрения, есть возможность проследить, не изменяется ли рефракционный эффект со временем. При построении рисунка 2 использованы кератотопограммы этого же глаза пациентки С. через 5,5 месяцев и 5 лет после проведенной коррекции зрения.

Анализ карты разности оптических сил роговицы через 5,5 месяцев и через 5 лет после операции приводит к заключению, что полученный рефракционный эффект сохраняется практически без изменений. АРМ на узкий зрачок Sph = 0 Cyl = (+)0,25 Ax = 86. Некорригированная острота зрения в настоящее время – 1,0.

Общее распределение коэффициента эффективности в группе малых степеней миопии (рис. 3) выглядит как острый пик в области 1,0–1,1, что означает: абсолютное большинство глаз имеют послеоперационную некорригированную остроту зрения такую же или лучше по сравнению с дооперационной корригированной остротой зрения.

### 2. Коррекция очень высокой миопии

Нами запатентован и широко применяется способ двухэтапной коррекции высокой миопии [3,4]. Основным посылом является повышение точности коррекции зрения, поскольку на втором этапе исправлению подлежит уже небольшая остаточная миопия. Кроме того, индивидуальные особенности послеоперационного восстановления известны по результатам первого этапа и их вклад легко учитывается.

Типичный пример двухэтапной коррекции: пациент С., 24 года, VisOS = 0,02 [Sph = (-)12,0 Cyl = (-)1,0 Ax = 5 VisOS = 0,5], амблиопия, толщина роговицы 470 мкм. Первый этап проведен в июне 2010 года. Через год: Vis OS = 0,08 [Sph = (-)3,5 Cyl = 0 VisOS = 0,6], амблиопия, толщина роговицы 365 мкм. Кератотопограммы до операции, почти через год после пер-

вого этапа (перед вторым этапом) и разность оптических сил роговицы показаны на рисунке 4.

В июне 2011 года проведен второй этап ЛКЗ. Через 7 месяцев после проведения второго этапа: Vis OS = 0,8, АРМ на узкий зрачок Sph = 0 Cyl = (-)1,25 Ax = 87, **толщина роговицы 329 мкм**. Кератотопограмма не снималась. На осмотре через 4 года после второго этапа: Vis OS = 0,9, АРМ на узкий зрачок Sph = (-)0,25 Cyl = (-)0,75 Ax = 90, **толщина роговицы 340 мкм**. Роговица прозрачна, жалоб нет. Разностная рефракционная карта между топограммами до операции и через 4 года после проведения второго этапа – на рисунке 5.

### 3. Коррекция очень высокой миопии при тонкой роговице

Способ повышения органосохранности роговицы, запатентованный ООО «Ост-Оптик К» [5] имеет следствием применения выраженный эффект регенерации толщины роговицы после операции. При этом рефракционный регресс практически отсутствует [6]. Это позволяет планировать и проводить ЛКЗ даже при очень высокой миопии в совокупности с очень тонкой исходной роговицей. Пример такого воздействия: пациентка Б., 36 лет, Vis OD/OS = 0,01/0,01 [Sph = (-)23,0 Cyl = 0 VisOD = 0,2 Sph = (-)20,0 Cyl = (-)3,5 Ax = 90 VisOS = 0,2], амблиопия, **толщина роговицы OD/OS = 489/450 мкм**. Первый этап проведен в марте 2013 года. Через год: Vis OD/OS = 0,1/0,1 [Sph = (-)10,0 Cyl = (-)2,0 Ax = 8 VisOD = 0,6; Sph = (-)10,0 Cyl = 0 VisOS = 0,8], **толщина роговицы OD/OS = 445/432 мкм**. Роговица прозрачна. Кератотопограммы до операции, через 2,5 года и разность оптических сил роговицы показаны на рисунке 6.

Пациентка готова ко второму этапу коррекции, но пока находится в отпуске по уходу за ребенком. Заметим, что второй этап операции по степени своего воздействия (коррекция сферозэквивалента около минус 10 диоптрий) практически не будет отличаться от значений первого этапа. А толщина роговицы оказалась лишь немногим меньше исходной, в полном соответствии с прогнозом возможности ЛКЗ при миопии сверхвысокой степени [7].

### 4. Вероятность появления хейзов

Ранее мы уже отмечали, что «Транс-ФРК» характеризуется незначительным количеством хейзов, возникающих, как правило, на поздних сроках наблюдения (более 6 месяцев) [1]. При этом частота их появления практически не зависит от степени коррекции. В боль-

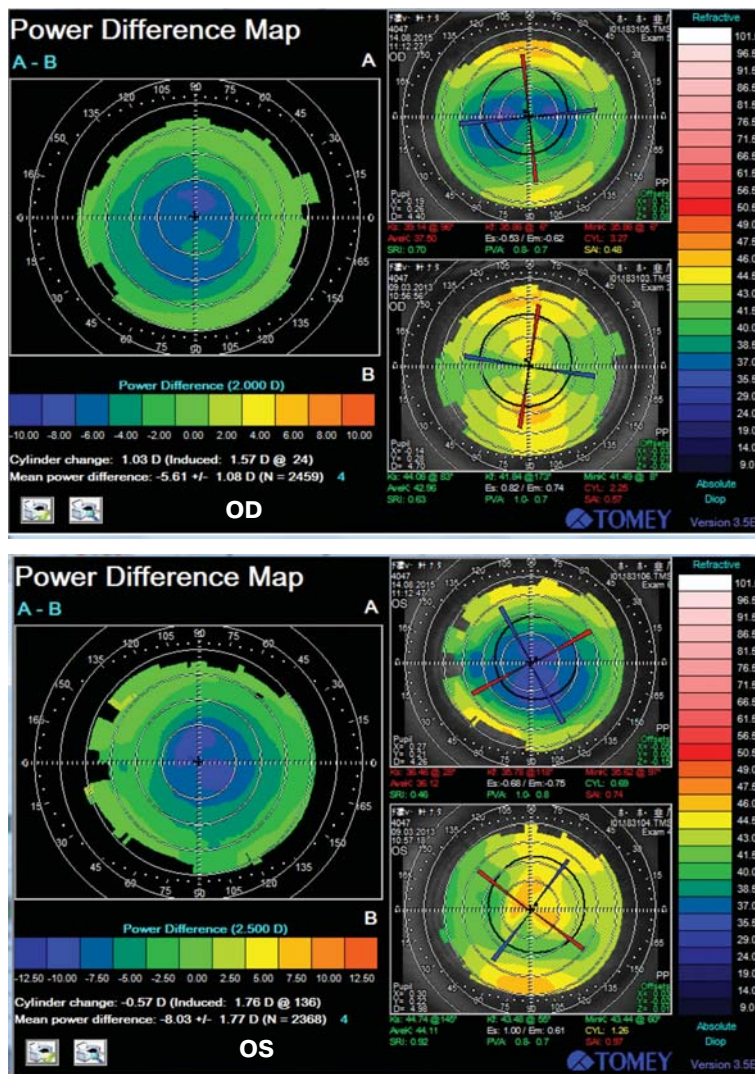
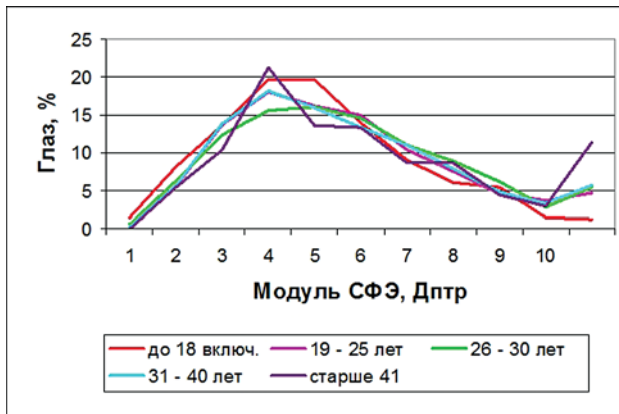


Рис. 6. Пациентка Б., 36 лет, кератотопограммы OD/OS до первого этапа и через 2,5 года после него

шинстве случаев помогает рекомендованная в МНТК терапия с закапыванием раствора лидазы в новокаиине. Радикальным же средством для устранения хейзов в остальных случаях (а таких менее 0,5%) является повторная операция по типу ФТК. Разумеется, при выяснении анамнеза возникшего хейза. Абсолютное большинство таких случаев в нашей практике было вызвано инфекциями.

Одной из причин такой низкой вероятности появления хейзов мы склонны считать тот факт, что в силу гладкости обработанной поверхности роговицы и минимизации лучевого вреда [8], время эпителизации при «Транс-ФРК» сведено к физиологическому минимуму. Действительно, при минимальной ширине поля операции 6,5 мм уже через 24 часа диаметр эпителиальной эрозии не превышает 2 мм. 97% оперированных глаз имеют время полной эпителизации меньше 48 часов. И только 3% – меньше 72 часов. Соответственно, есть основания полагать, что время послеоперационной эпителизации может являться



**Рис. 7.** Распределение исходной миопии по возрастным группам

фактором, сильно влияющим на вероятность возникновения послеоперационных хейзов.

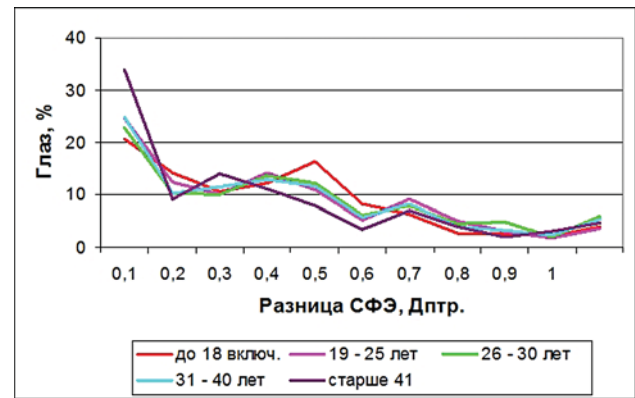
### 5. ЛКЗ в различных возрастных группах

Практически во всем мире в настоящее время наблюдается тенденция к увеличению числа миопов. Вопрос ставится даже так: «эпидемия миопии» [9]. При этом подавляющее большинство близоруких составляют молодые люди. На этом фоне актуализируются дискуссии о способах стабилизации миопии, причем основной контингент для воздействия этими способами составляют дети (преимущественно из начальных классов). В то же время отмечается, что прогрессирование миопии отнюдь не ограничивается возрастом 18 лет, а зачастую продолжается и у лиц более старшего возраста.

Основными направлениями, дающими реальное снижение скорости прогрессирования миопии, на сегодня признаны длительная лечебная атропинизация и применение ортокератологических линз [10]. Причем причину эффективности последнего связывают с индуцированным периферическим дефокусом по миопическому типу [11]. Проще говоря, с индуцированной положительной сферической аберрацией.

Применимость лазерной коррекции миопии традиционно рассматривают при возрасте пациента 18 лет и старше, мотивируя тем, что геометрические параметры глаза продолжают изменяться вплоть до 23–25 лет, что может повлечь изменение результата рефракционной операции.

Рассмотрение совокупности факторов: увеличение возраста прогрессирования миопии, появление щадящих методов лазерной коррекции типа Транс-ФРК®, кроме прочих достоинств имеющего результатом «автоматическое» создание вышеупомянутого периферического дефокуса [12,13], а также отсутствие прямых противопоказаний к возможному снижению возраста пациентов, приводит к предположению о существовании возрастного диапазона пациентов с еще развивающейся миопией, которым, тем не менее, может быть проведена лазерная коррекция. При этом резуль-



**Рис. 8.** Распределения изменения рефракции на узкий и широкий зрачок

таты (в части стабилизации миопии) могут быть схожи с таковыми при использовании ортокератологии.

Мы попробовали выявить различия результатов лазерной коррекции миопии по методике Транс-ФРК® для разных возрастных групп пациентов и на этом основании сделать выводы о применимости ЛКЗ в зависимости от возраста пациента.

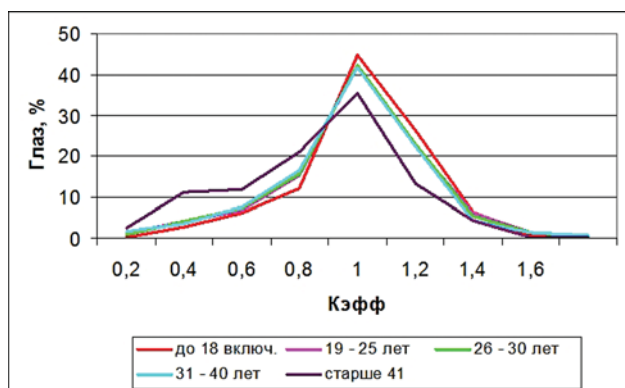
Распределение исходной миопии по модулю сферического эквивалента в возрастных группах показано на рисунке 7.

Даже при первом взгляде на графики распределения становится очевидным факт отсутствия радикальных различий в числах исходной миопии для всех возрастных групп. В подтверждение этого в таблице 1 приведены данные о средних значениях и стандартных отклонениях.

Интересно посмотреть, как различаются дооперационные данные пациентов по рефракции на широкий и узкий зрачок. Как правило, миопическая рефракция после расширения зрачка становится меньше для значения «Сфера», астигматический же компонент может претерпевать изменения в величине, знаке и направлении оси. Поэтому, чтобы уйти от ненужной детализации, в массивах данных для каждого глаза вычислялась разница между сферическими эквивалентами на узкий и широкий зрачок и строилась картина распределения (рис. 8).

Опять для всех возрастных групп наблюдается схожая картина: число глаз уменьшается с увеличением разницы рефракций. Небольшие отклонения наблюдаются только для старшей возрастной группы в области малых значений разности (по-видимому – в силу наступающих возрастных изменений) и в области 0,5–0,6 дптр для младшей возрастной группы, что похоже на большую подверженность спазму аккомодации. Графики распределений Коэффициента эффективности (Кэфф) приведены на рисунке 9.

Вновь не находится значимой разницы в картинах распределений. За исключением опять же младшей группы (пик слегка уже, что говорит о большей точности установления послеоперационной остроты зре-



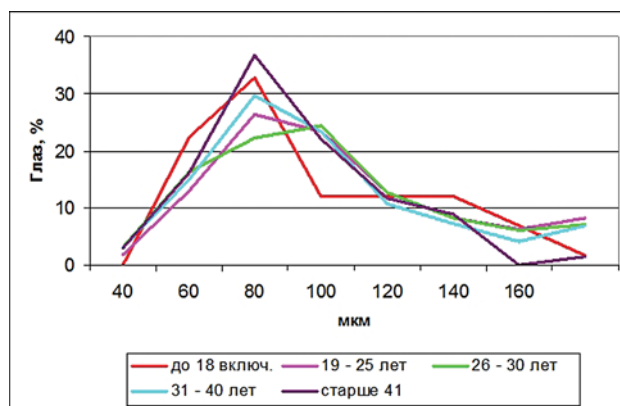
**Рис. 9.** Распределения коэффициента эффективности для разных возрастных групп

ния) и старшей группы. У старшей группы пик распределения слегка расширен влево, что иллюстрирует недокоррекцию, которую многие пациенты просят оставить, чтобы не испытывать сложностей при чтении. Наглядная разница в представленных данных иллюстрируется таблицей средних значений и стандартных отклонений (табл. 2).

С учетом того, что распределение исходной миопии по возрастным группам практически идентично, есть возможность хотя бы в первом приближении сравнить распределения прироста толщины роговицы после операции по генеральным массивам данных для каждой возрастной группы. Напомним, что под приростом толщины роговицы в данном случае подразумевается разность между измеренной послеоперационной толщиной роговицы и остаточной толщиной роговицы при проведении расчета операции (RST). Картина распределений приведена на рисунке 10.

И снова налицо схожее поведение графиков. Только теперь младшая группа как бы «не торопится» увеличивать толщину роговицы (пик распределения более узок), а старшая группа имеет явное ограничение по максимальному приросту толщины. Остальные группы демонстрируют практически синхронное поведение, причем небольшое лидерство – за группами от 19 до 25 лет (малиновая линия) и от 26 до 30 лет (зеленая линия). Выводы иллюстрируются таблицей 3.

Таким образом, можно с уверенностью утверждать, что значимых отличий, которые могли бы стать препятствием для лазерной коррекции миопии методом «Транс-ФРК», у различных возрастных групп практически не наблюдается. Это дает надежду, что применимость ЛКЗ можно (хотя и осторожно) распространять на пациентов в возрасте как минимум 16 лет. В практике нашей компании эта категория – на удивление – самые «благодарные» пациенты. Во-первых, они (и их родители) жестко мотивированы на достижение нужного результата: как правило, коррекция зрения требуется им для поступления в определенные



**Рис. 10.** Разница между послеоперационной толщиной и расчетной остаточной толщиной роговицы

учебные заведения. Думается, поэтому мы не наблюдали никаких отклонений в соблюдении режимов послеоперационного ухода и сроков планового осмотра. Во-вторых, всем под роспись было пояснено, что через некоторое время им может потребоваться корректирующая операция, поскольку геометрия глаза продолжает формироваться. Как ни странно, никто из младшей группы пациентов, достигших послеоперационной эметропии, по прошествии уже многих лет не обращался к нам по вопросу докоррекции. О причинах этого можно гадать, но в свете последних данных о влиянии периферического миопического дефокуса на стабилизацию миопии можно предположить, что «автоматическое» создание такового дефокуса методом «Транс-ФРК» создает благоприятные условия для нивелирования возможной тенденции к усилению миопии.

### Заключение

Как средство индивидуализации товарный знак Транс-ФРК® обозначает «Технологию трансэпителиальной фоторефракционной кератэктомии, при которой рабочим элементом воздействия на роговицу является исключительно импульсно модулированный луч эксимерного лазера, имеющий ширину, равную ширине зоны операции, и регулируемое гауссово радиальное распределение плотности энергии в поперечном сечении луча».

На основании отличий технологии от иных способов проведения ФРК рассмотрены аспекты, важные в практической деятельности врача и существенно расширяющие границы применимости лазерной коррекции миопии:

1. Абсолютная нормировка на толщину эпителия позволяет выполнять коррекцию даже очень слабой миопии.
2. Эффект послеоперационной регенерации толщины роговицы позволяет корректировать в несколько этапов даже ультравысокие значения исходной миопии, в том числе и при тонкой роговице.
3. В силу гладкости обработанной поверхности рого-

Таблица 1

	До 18 лет вкл.	19–25 лет	26–30 лет	31–40 лет	Старше 41 года
Средний СФЭ, дптр	4,71	5,27	5,44	5,38	6,14
Стандартное отклонение, дптр	2,12	2,58	2,67	2,76	4,97

Таблица 2

	До 18 лет вкл.	19–25 лет	26–30 лет	31–40 лет	Старше 41 года
Средний СФЭ, дптр	0,96	0,93	0,93	0,92	0,81
Стандартное отклонение, дптр	0,22	0,25	0,26	0,27	0,29

Таблица 3

	До 18 лет вкл.	19–25 лет	26–30 лет	31–40 лет	Старше 41 года
Средний СФЭ, дптр	87,7	97,1	93,5	89,6	81,5
Стандартное отклонение, дптр	31,5	40,5	38,9	35,9	27,0

вицы и минимизации лучевого вреда, время эпителизации сведено к физиологическому минимуму, что, в свою очередь, резко снижает вероятность возникновения послеоперационных хейзов.

- На массиве более 6000 глаз, прооперированных по методике «Транс-ФРК», показано отсутствие различий в результатах проведенной коррекции зрения в возрастных группах от 16 до 60 лет на протяжении более 10 лет послеоперационных наблюдений.
- Наблюдения за младшей возрастной группой (от 16 до 18 лет включительно) не выявили каких-либо значимых особенностей, препятствующих снижению минимального возраста оперируемых с обычных 18 до, как минимум, 16 лет.
- Предположения о положительном действии создаваемого при «Транс-ФРК» периферическом дефокусе на стабилизацию миопии требуют серьезного дополнительного исследования на большом массиве данных пациентов в возрасте от 16 лет.
- Вопросы восстановления толщины роговицы также нуждаются в дополнительном освещении. В частности, до сегодняшнего дня неизвестна подробная динамика 3D-геометрии роговицы в процессе послеоперационного восстановления ее толщины без рефракционного регресса.

Проведение соответствующих НИР планируется с участием специализированной компании ООО «Ост-Оптик Ск», получившей статус участника проекта инновационного центра Сколково по теме «Транс-ФРК: коррекция миопии».

Технологические и методологические решения при коррекции миопии методом «Транс-ФРК» защищены товарным знаком и запатентованы в России [4, 5].

#### Список литературы

- Мягих А.И., Субботин Е.А., Макурин Е.В., Мягих М.А. Специфика ФРК, проводимой эксимерлазерной установкой «Профиль-500» // Глаз. – 2008. – № 3. – С. 24–29.
- Мягих А.И. Методика определения качества рефракционных операций // Федоровские чтения – 2002: Сб. научн. статей. – М., 2002. – С. 246–248.
- Мягих А.И., Макурин Е.В., Субботин Е.А. Коррекция миопии высокой и сверхвысокой степени по методике Транс-ФРК // Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии – 2011: Сб. научн. статей. – М., 2011. – С. 354–359.
- Патент РФ № 2402306 с приоритетом от 13.04.2009 г.
- Патент РФ № 2479294 с приоритетом от 13.02.2012 г.
- Мягих А.И., Субботин Е.А., Макурин Е.В., Мягих М.А. Органосохранность роговицы при коррекции миопии методом Транс-ФРК // Глаз. – 2012. – № 3. – С. 34–37.
- Мягих А.И. Транс-ФРК: Прогноз возможности лазерной коррекции миопии // Современные технологии в офтальмологии. – 2014. – № 3. – С. 195–198.
- Мягих А.И., Макурин Е.В., Субботин Е.А., Самойлова М.А. Транс-ФРК: краевые эффекты лазерного воздействия как фактор, влияющий на динамику восстановления толщины роговицы // Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии – 2012: Сб. научн. статей. – М., 2012. – С. 263–268.
- Дж. Сивак. Эпидемия миопии в наше время. // Современная оптометрия. – 2016. – № 4. – С. 12–14.
- Lin H.J. и соавт. Overnight orthokeratology is comparable with atropine in controlling myopia // BMC Ophthalmology. – 2014; doi: 10.1186/1471-2415-14-40.
- Queiros A. и соавт. Peripheral refraction in myopic patients after orthokeratology // Optom. Vis. Sci. – 2010. – Vol. 87. – С. 323–329.
- Качалина Г.Ф. Хирургическая технология трансэпителиальной фоторефрактивной кератэктомии при миопии на эксимерлазерной установке «Профиль-500»: Дисс. ... канд. мед. наук. – М., 2000.
- Качалина Г.Ф., Дога А.В. Аберрационный баланс после фоторефрактивных операций // Современные технологии диагностики и лечения в офтальмологии – 2006: Тез. докл. – М., 2006. – С. 9–11.

Адрес для связи с авторами: 690106, Владивосток, ул. Нерчинская, дом 10, офис 305, ООО «Ост-Оптик К»; тел. / факс +7(423)2-300-307; e-mail: ostoptik@mail.ru; сайт: www.ook.ru.

## Ответ на критический отклик физика А. И. Мягких на наши статьи [1, 2]

**Кошиц И. Н.**<sup>1</sup>, генеральный директор; **Светлова О. В.**<sup>2</sup>, проф. кафедры офтальмологии, д.м.н., доцент

<sup>1</sup> ООО «Питерком – Сети / МС», Санкт-Петербург;

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Северо-Западный университет им. И.И. Мечникова», Санкт-Петербург

*«Надо ждать, пока мы привыкнем к новым словам и новым фактам и начнем понимать то, что сейчас уже известно, но непонятно»*

**(С.И. Вавилов. «Глаз и Солнце»)**

Мы благодарны физику к. т. н. А.И. Мягких за то, что он нашел время и силы для критической оценки наших дискуссионных статей [1,2]. Это по-настоящему радует, поскольку именно в спорах и рождается истина. При этом очень важно не только услышать и понять других, но и быть услышанными. И суметь на новом витке знаний оценить правильность, казалось бы, очевидных традиционных представлений.

За десятилетия работы в разных разделах офтальмологии нами был сформулирован ряд гипотез, многие из которых сегодня уже подтверждены в клиниках и в диссертационных исследованиях. Разработка и публикация гипотез, на наш взгляд, особенно важна, поскольку позволяет проверить их одновременно в различных клиниках и исследованиях, что ускоряет общее продвижение к истине. К сожалению, редколлегия только некоторых журналов на постсоветском пространстве понимают важность опубликования гипотез; к ним, безусловно, относятся отечественные журналы «Глаз», «Глаукома», «Российская детская офтальмология» и зарубежный «Офтальмологический журнал» (Одесса, Украина). Как правило, именно эти журналы также готовы публиковать и результаты междисциплинарных офтальмологических исследований.

Начнем наш ответ с того, что А.И. Мягких сумел своим профессиональным взглядом физика сразу увидеть нашу досадную ошибку в дисперсионном порядке разложения луча белого света в верхней части рисунка 11 в статье [1] (прилагаем исправленный вариант). И за это мы ему искренне благодарны. Правда, он забыл упомянуть, что ход лучей на всех рисунках просмотренной им следующей статьи [2] сделан правильно.

А теперь по порядку рассмотрим поднятые в отклике вопросы.

1. А.И. Мягких «никак не может согласиться» с тем, что (цитируем): *«Утверждается, что при перекоррекции/недокоррекции на сетчатке глаза формируется прямое/обратное изображение соответственно (№ 5, стр. 22)»*.

Если наш оппонент внимательно читал статью, то в ней после подробных расчетов и оценок сделан вывод

В полемике с оппонентом авторы уточняют свои концепции, касающиеся прохождения света через оптическую систему глаза.

**Ключевые слова:** задняя поверхность роговицы, сетчатка, дисперсия света

\*\*\*

Kosits I.N., Svetlova O.V. **THE ANSWER TO THE CRITICAL RESPONSE OF THE PHYSICIST A.I. MYAGKIH ON OUR ARTICLES** [1,2]

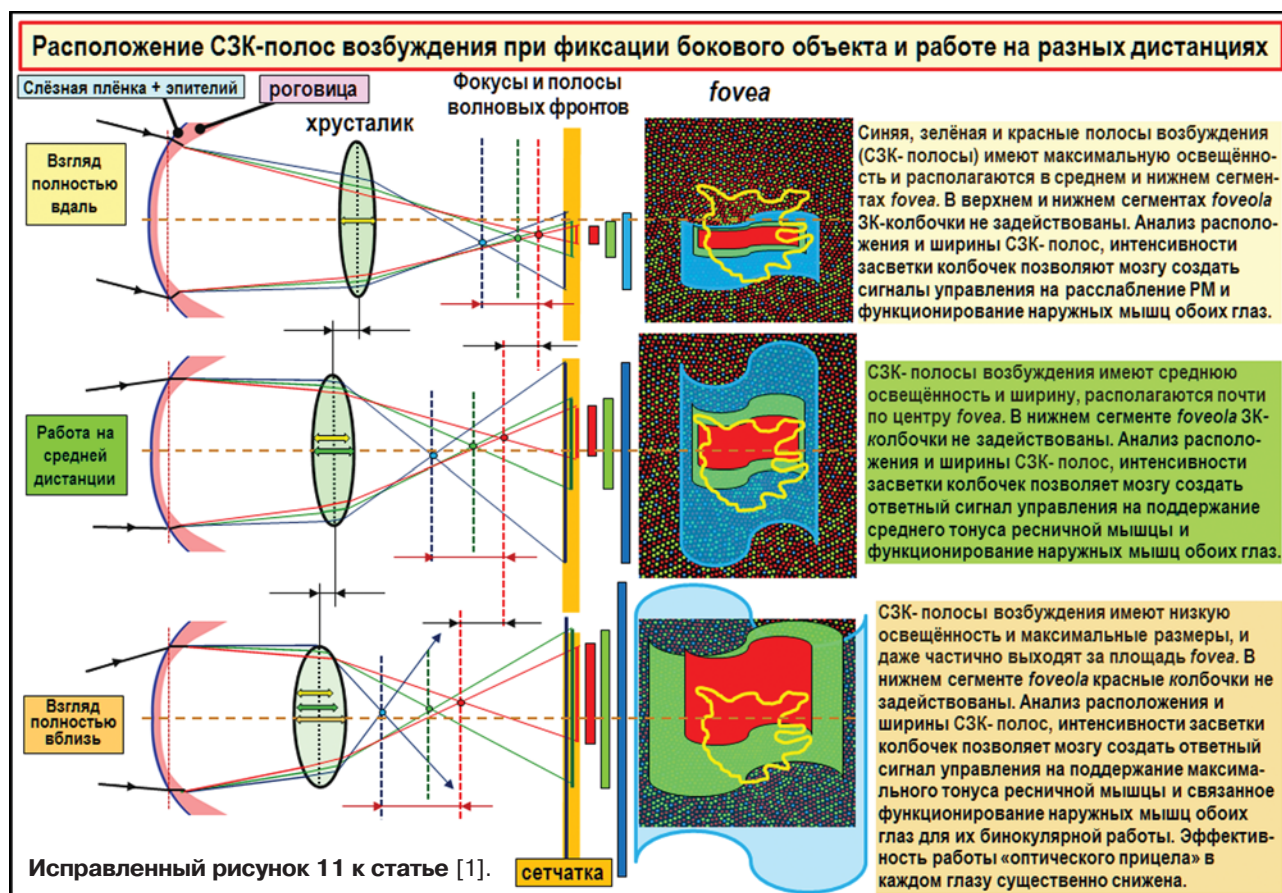
In the controversy with the opponent, the authors refine their concepts concerning the passage of light through the optical system of eye.

**Key words:** posterior surface of cornea, retina, light dispersion

о расположении фокуса гиперметропического или миопического глаза **всегда перед сетчаткой**. В начале же статьи на стр. 22 указанного номера журнала «Глаз» мы специально сделали полемическое предположение о **возможности** ухода фокуса за сетчатку. Чтобы читателям и нашему оппоненту было более понятно, в чем суть полемики, приводим модифицированный рисунок 1.

На рисунке 1 это предположение показано схематично. В практической оптометрии сравнительно часто применяется выражение *«фокус находится за сетчаткой»*. Этим рисунком мы хотели привлечь внимание читателя на то, что в таком случае изображение должно быть не обратным, а прямым. А это не соответствует традиционным представлениям: ведь все мы со школы знаем, что изображение в глазу всегда обратное. Но как тогда понимать выражения *«фокус находится за сетчаткой»* и *«фокус находится на сетчатке»*? И что такое «сильная перекоррекция» или «слабая»? То есть имеют ли эти выражения «право на жизнь», и если да, то что конкретно они означают? Какой у них физиологический смысл? И корректно ли применять эти выражения в практике?

К сожалению, наш оппонент, возможно, не увидел, что приведенные в начале статьи рассуждения – это лишь способ увлечь читателя, привлечь внимание на явно острую и актуальную тему. И, судя по живой реакции нашего глубокоуважаемого оппонента, нам это удалось. Но справедливости ради хочется добавить, что гипотетически можно создать с помощью мощной оптической перекоррекции такие условия, когда фокус глаза действительно сможет переместиться за сетчатку. И как физик наш оппонент наверняка может представить эту «сказочную картину». Тем более что



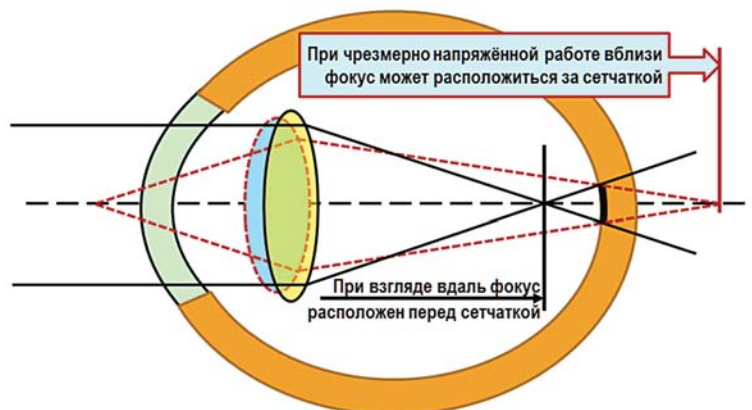
он считает (цитируем): «Таким образом, фокусное расстояние для суммарной оптической силы в различных моделях глаза (кстати, ее вычисление – отдельная интересная тема!) в стекловидном теле вполне соизмеримо с ПЗО глаза. И уже исходя из этого становится очевидным, что ПЗО глаза действительно может быть как меньше фокусного расстояния для суммарной оптической силы глаза (гиперметропия), так и больше (миопия). Собственно, это и есть определение клинической рефракции».

Подводя итоги этого раздела, наш оппонент высказал такое просвещенное мнение о наших «виришах» (цитируем): «И, следовательно, все выводы, основанные на предположениях о существовании таких метаморфоз, следует считать не стоящими даже ознакомления с ними». Мы аплодируем автору за столь изящный и доказательный стиль полемики. Приносим извинения за то, что отняли его драгоценное время. Поэтому в дальнейшем предлагаем ему вообще не читать наши статьи. Однако для пользы дела продолжим.

2. А.И. Мягких принципиально не согласен с нашим утверждением, что «роговица является по сути рассеивающей линзой» (№ 5, с. 23; № 6, с. 20). Видимо, автору опять придется бороться с силами и вторично

перечитать нашу статью в журнале «Глаз» [2]. В ней мы подробнейшим образом разобрали вопрос об оптических особенностях прохождения света через передний отрезок глаза, включая собственно роговицу, которая является не собирающей, а слабо рассеивающей линзой с оптической силой  $-5,8$  дптр.

Отправляем пытливого читателя к этой статье [2], а также к еще одной нашей статье [3]. Они важны для практики и позволяют более глубоко понять высокую эффективность и будущие возможности ортокератологии, изменяющей параметры преломления глазной поверхности – слезной пленки и роговичного эпите-



**Рис. 1.** Схема гипотетического расположения фокуса при мощной перекоррекции



**Рис. 2.** Расположение кольцевых «сегментных» полос светорассеивания в небе (а, б)

лия. Кроме того, станет ясна определяющая роль влияния нормальных или патологических изменений геометрии слезной пленки и роговичного эпителия на преломляющую силу переднего отрезка глаза.

Наш оппонент утверждает (цитируем): «*Поэтому, если вдруг убрать с роговицы, скажем, слезную пленку, оптическая сила «оголенной» передней поверхности практически не изменится*». Это мнение нашего глубокоуважаемого оппонента достойно быть увековеченным на скрижалях истории. Но для начала предлагаем ему подготовить и попытаться опубликовать в любом зарубежном научном журнале статью о роговице как собирающей линзе. Желаем успехов в этом безнадежном деле!

**3.** Теперь о дисперсии света в призме или на задней поверхности роговицы. Мы и сегодня продолжаем считать дисперсию света поразительным явлением, хотя наш оппонент так не считает – его право... Но мы каждый раз даже рады «постоянству нашего изумления». Как говорит геофизик и поэт-бард А.М. Городницкий:

Не страшно потерять  
Уменье удивлять,  
Страшнее потерять  
Уменье удивляться!

И эта «сказка» дисперсии света на задней поверхности роговицы удивительна тем, что **круглый** пучок света после дисперсии на выходе из нее превращается не в отдельные цветные **круги** светорассеивания, а в сегментные **полосы** светорассеивания. И такие концентрические окружности с радугой, состоящей из сегментных полос светорассеивания, можно увидеть даже в небе (см. рис. 2 а, б). Но наш оппонент, к сожалению, не захотел увидеть эти различия.

Главная изюминка такой пространственной дисперсии в глазу состоит в том, что множество биологических мини-призм, расположенных по окружности роговицы, формируют разноцветную **линейную** окружность, состоящую из полос светорассеивания, а не дугу, состоящую из множества разноцветных кружков разного цвета. Подчеркиваем: **полос**, а не **кругов** свето-

рассеивания. И, конечно, мы хорошо представляем, как располагаются эти полосы дисперсии на сетчатке в разных ее меридианах: первый автор этой статьи – физик и инженер-механик.

К сожалению, автор отклика не обнаружил в наших дискуссионных статьях ничего нового – одни «ошибки и заблуждения»... И не смог или не захотел увидеть хоть какие-то «проблески сомнений», важных для развития пока слабо разработанной теории

оптометрии. Что ж, бывает и такой негативный взгляд на любые новые научные изыскания...

Но критика конструктивна только тогда, когда критикующая сторона в состоянии дать собственную трактовку рассматриваемой проблемы. У нашего оппонента мы этого не увидели. Видимо, автор уже знает все ответы: и насчет неоднозначности традиционного понятия «фокус за сетчаткой», и о «перекоррекции», «недокоррекции» и их связи с фокусом. И, возможно, даже сможет представить свое видение проблемы в отдельной статье.

И последнее замечание, относящееся к политике редакции и культуре дискуссии. Безусловно, в научной полемике недопустимы выражения вроде «*пляска святого Витта*», которые щедро использует наш оппонент. Довольно странно выглядит и его образное заключение: «*Можно, конечно, еще поупражняться в доводах, но «приемная комиссия» однозначно не подпишет акт приемки такого дома*». Видимо, редакция хотела сохранить литературный стиль нашего оппонента, показать оригинальность его мышления, и это вполне удалось. Но заранее сообщаем, что не будем принимать участия в любых научных дискуссиях, которые ведутся в столь грубой форме. И просим редакцию активнее использовать свое право редактирования рукописей авторов при подготовке к публикации.

**Список литературы**

1. Кошиц И.Н., Светлова О.В. Традиционные и новые представления о физиологических механизмах наведения глаза на резкость // Глаз. – 2016. – № 5. – С. 19–34.
2. Кошиц И.Н., Светлова О.В., Гусева М.Г., Певко Д.В., Эгембердиев М.Б. // Оптические особенности прохождения света через преломляющие структуры глаза // Глаз. – 2017. – № 2. – С. 29–42.
3. Гусева М.Г., Светлова О.В., Кошиц И.Н. Макаровская О.В., Абросимова И.В. Анализ эффективности физиологических механизмов при применении ортокератологических линз // Сб. научн. труд. Всеросс. офтальмол. конф. с международным участием «Ерошевские чтения – 2017». – Самара, 2017. – С. 523–529.

*E-mail для связи с авторами:* petercomink@bk.ru.