

Новая категория линз ZEISS для контроля миопии

Компания ZEISS представляет новую линейку линз ZEISS MyoCare, предназначенных для замедления прогрессирования близорукости

Близорукость — не только проблема качества зрения

Результаты эпидемиологических исследований показывают все более высокую распространенность и более раннее начало развития близорукости у людей во многих частях света, что указывает на серьезный характер данной проблемы для общественного здравоохранения.¹ При этом растет понимание того, что в зависимости от степени, миопия может оказывать не только влияние на качество жизни, но и в долгосрочной перспективе также может быть связана с риском развития серьезных заболеваний глаз.

За последние десятилетия, особенно в крупных городах Восточной Азии, развитие близорукости стало достаточно распространенным явлением. По некоторым оценкам, в настоящее время в мире насчитывается около 2,0 миллиардов человек, имеющих миопическую рефракцию. Сообщалось также, более 50% детей в возрасте 11–13 лет, проживающих в городах на территории Восточной Азии, имеют близорукость. Распространенность миопии также растет в развитых западных странах. Например, в США среди лиц в возрасте от 12 до 54 лет частота возникновения близорукости увеличилась с 25% в 1971–1972 гг. до 42% в 1999–2004 гг., в то время как результаты мета-анализа популяционных перекрестных исследований Европейского консорциума по глазной эпидемиологии показали, что распространенность близорукости среди молодых людей в возрасте 25–29 лет (47,2%) почти в 2 раза выше, чем среди людей в возрасте 55–59 лет (27,5%). В высокоурбанизированных центрах Восточной Азии, таких как Сингапур, Гонконг и Тайвань, согласно последним отчетам, распространенность близорукости превышает 80% и стремится к 90%. Миопия становится не только все более распространенной, но и прогрессирование аномалии рефракции после ее возникновения, вероятно, ускоряется, достигая более высоких степеней.²

Результаты знакового исследования Б.Холдена и соавт., проведенного в 2016 г. (Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, et al. 2016) с целью получения глобальных оценок распространенности миопии, указывают на

то, что к 2050 г. 50% населения мира может иметь миопическую рефракцию, если наблюдаемая сегодня в Восточной Азии ситуация потенциально приобретет характер глобальной эпидемии.³ Образ жизни во всем мире изменился и продолжает постоянно меняться, создавая условия, которые приводят к развитию миопии у детей. С самого начала компания ZEISS приняла решение мониторить и картировать ситуацию с распространением близорукости за пределами Восточной Азии, а также начать собирать данные для того, чтобы углубить наше понимание развития рефракции у детей европеоидной расы, и обеспечить получение важной информации и необходимых знаний для принятия соответствующих мер.

Уже в 2014 г. компания ZEISS начала сотрудничество с Лейпцигским исследовательским центром болезней цивилизации Лейпцигского университета, который в 2011 г. запустил исследование LIFE Child, одно из крупнейших популяционных когортных исследований, проводимых в настоящее время в Европе. Целью исследования LIFE Child является наблюдение за развитием ребенка от рождения до зрелого возраста и выявление факторов, связанных со здоровьем и болезнями; при этом особое внимание уделяется заболеваниям, связанным с образом жизни, такими как избыточный вес, аллергии, а также, с момента начала сотрудничества с компанией ZEISS, развитие рефракции.

Так называемая «когорта для исследования здоровья глаз» в настоящее время включает в себя приблизительно 2000 детей в возрасте от 3 до 16 лет. Участники данной когорты приглашаются каждый год приходить на последующие обследования зрения с целью определения и дальнейшего мониторинга рефракции, остроты зрения и осевой длины глаза. Исследование продолжается.

Таким образом, компания ZEISS стремится следовать заявлениям ведущих экспертов в области исследования миопии и клинической практики, которые недавно на Международной конференции по миопии четко заявили о важности каждой диоптрии и каждого ребенка.

Лечение близорукости на основе научного подхода

Каждая диоптрия важна

Риск осложнений при близорукости в значительной степени связан с осевой длиной глаза, величиной ошибки рефракции и возрастом. Таким образом, замедление роста глаз, т. е. аксиального удлинения, и соответствующее уменьшение миопической рефракции во взрослом возрасте является наиболее важной целью контроля миопии.

В отношении риска развития серьезных связанных с близорукостью осложнений результаты исследований показывают, что в данном случае важна каждая диоптрия: усиление миопии на 1 диоптрию (D) связано с повышением риска развития миопической макулопатии на 57%, открытоугольной глаукомы на 20%, задней субкапсулярной катаракты на 21%, а также с увеличением риска отслоения сетчатки на 30%. Другими словами, замедление прогрессирования миопии на 1 D должно снизить вероятность развития у пациента миопической макулопатии на 37%. Начиная с -7,00 D, наблюдаемый до этой границы линейный тренд роста близорукости с каждой диоптрией переходит уже в экспоненциальный тренд в диапазоне рисков патологической близорукости.

Объединенные концепции прогрессирования близорукости, основанные на научных исследованиях

Очевидно, что как ранее выявление риска развития близорукости, так и скорость прогрессирования у конкретного индивидуума являются ключевыми факторами, определяющими необходимость соответствующего вмешательства для контроля миопии у детей.

Скорость прогрессирования близорукости у отдельных людей зависит от большого числа факторов, которые являются предметом активных фундаментальных и клинических исследований. В качестве основных факторов риска развития и (или) прогрессирования близорукости, несмотря существующие разногласия в отношении степени их влияния и причинно-следственных связей, практически везде указываются следующие⁴:

- **Индивидуальные характеристики**, включающие генетику, этническую принадлежность и пол;
- **Образ жизни и окружающая среда**, включая нагрузку от обучения с увеличенной продолжительностью и интенсивностью, время, проводимое в помещении, и зрительную работу на близком расстоянии.

Исследователи уделяют особое внимание образу жизни и окружающей среде как модифицируемым факторам риска; и в последние годы был получен большой объем фактических данных о возможности влияния этих факторов на миопию.

К настоящему времени накоплено множество убедительных доказательств положительного влияния времени, проведенного вне помещения, хотя исследования, нацеленные на понимание лежащих в основе этого эффекта механизмов, все еще продолжаются.⁴ Если дети проводят по 2 часа в день на свежем воздухе, то это может обеспечить значительную защиту от развития близорукости. Увеличение длительности пребывания вне помещения может даже снизить влияние таких известных факторов риска, как близорукость у родителей и более длительная работа на близком расстоянии. При этом, несмотря на имеющиеся доказательства положительного влияния увеличения времени пребывания вне помещения на задержку возникновения близорукости, сейчас сложно однозначно утверждать, уменьшает ли это также прогрессирование близорукости.

Аналогичным образом, большой объем исследований убедительно указывает на существование причинно-следственной связи более высокой распространенности и степени близорукости с увеличением интенсивности и продолжительности обучения.⁴ Однако и в этом случае механизмы, участвующие в установлении данной связи, остаются не до конца ясными. Таким образом, с самого начала большое количество времени, затрачиваемого на чтение, письмо и в целом на работу на близком расстоянии, обсуждалось в качестве вероятного фактора, лежащего в основе данной взаимосвязи, что привело к появлению различных гипотез о механизмах, стимулирующих рост глаз. Из них развилась одна из основных теорий прогрессирования близорукости — теория периферического дефокуса.

От периферического дефокуса к одновременному конкурирующему дефокусу

Хорошо известно, что развитие рефракции и рост глаза регулируется зрительной обратной связью через локальные механизмы сетчатки, управляющие эмметропизацией детского развивающегося глаза. Зрительные сигналы, исходящие из фовеолы сетчатки, важны в основном для обеспечения центральной высокой остроты и цветового зрения, но не существуют для многих других зависящих от зрения аспектов роста глаза.

Однако с периферическими областями сетчатки ситуация другая. Периферическая сетчатка не дает вклад в высокую остроту зрения, однако предполагается, что она играет важную роль в развитии рефракции глаза (рис.1). Хорошо известно, что сигналы, исходящие из периферии сетчатки, оказывают существенное влияние на осевое удлинение и развитие рефракции для фовеальной области сетчатки.⁵

Данные, полученные на животных и поддержанные клиническими исследованиями на людях, показыва-

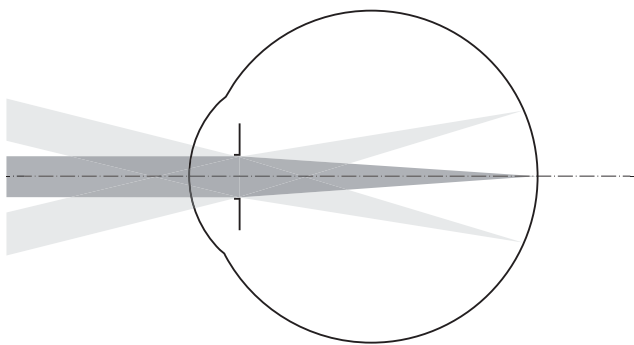


Рис.1. Фовеальное зрение (темно-серая область) имеет большое значение для высокой остроты и цветного зрения, в то время как возникающие в периферической сетчатке зрительные сигналы (светло-серые области) обеспечивают эффективное регулирование развития рефракции и осевого удлинения глаза в процессе эмметропизации.

ют, что наложенный гиперметропический дефокус стимулирует рост глаза, в то время как миопический дефокус и связанное с ним размытие изображения на периферической сетчатке обеспечивают формирование стоп-сигнала для замедления чрезмерного осевого удлинения глаза.⁶ Данное наблюдение лежит в основе так называемой теории периферического дефокуса.

В соответствии с этой теорией дети с близорукостью, получающие коррекцию монофокальными линзами, обычно имеют относительную периферическую дальнюю зоркость по сравнению с осевой рефракцией, в то время как дети с эмметропией и гиперметропией имеют относительную периферическую близорукость.⁶ Согласно теории периферического дефокуса, для замедления прогрессирования близорукости крайне важно не допустить гиперметропический дефокус и, в идеале, сформировать на периферии сетчатки целенаправленный миопический дефокус, подавляющий дальнейшее удлинение оси путем разрыва зрительной обратной связи, обеспечивающей продолжение роста глаза (рис.2).

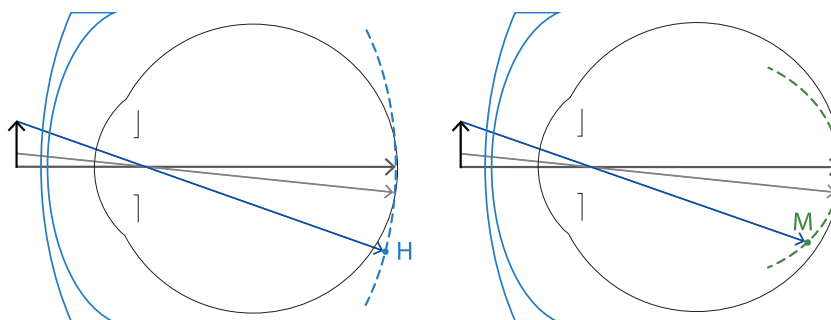


Рис.2. Механизмы, лежащие в основе теории периферического дефокуса. Гиперметропический дефокус на периферии сетчатки (Н), вызванный использованием монофокальных линз, может стимулировать развитие миопии даже при наличии сфокусированного изображения в центральной ямке сетчатки. Создание периферического миопического дефокуса (М) с помощью линзы специального дизайна может замедлить прогрессирование миопии.

Интересен также факт, что когда глаз испытывает разнонаправленные зрительные сигналы в центральной ямке и на периферии, то периферическое зрение имеет преобладающее влияние на развитие рефракции. Когда такие зрительные сигналы одновременно воздействуют на периферическую сетчатку в конкурирующих фокальных плоскостях, развитие рефракции обычно нацелено на более «переднюю» фокальную плоскость, обеспечивая таким образом уменьшение вероятности того, что глаз станет близоруким.^{6,7} Результаты научных исследований показывают, что одновременный конкурирующий дефокус вызывает возникновение более сильного стоп-сигнала для роста глаза, чем непрерывный или однородный дефокус.

Передовые методы оптического вмешательства для коррекции и контроля миопии

Для вмешательства по замедлению прогрессирования миопии важно проводить различие между коррекцией и лечением. В то время как монофокальные очковые и контактные линзы эффективно исправляют аномалию рефракции глаза, они не позволяют контролировать прогрессирование миопии. Для контроля и лечения прогрессирования близорукости необходимы специально разработанные решения, которые обеспечивают клинически значимое преимущество в замедлении осевого удлинения. В дополнение к приведенным выше конкретным рекомендациям по поведению и образу жизни детей, для лечения прогрессирования близорукости могут быть использованы фармакологические и оптические стратегии лечения. При этом оптические методы лечения обладают явным преимуществом, потому что они обеспечивают как коррекцию близорукости, так и контроль над ней.

Соответственно, индуцирование периферического миопического дефокуса при близорукости обсуждается в качестве ключевого механизма в таких стратегиях оптического лечения, как ортокератология, мягкие

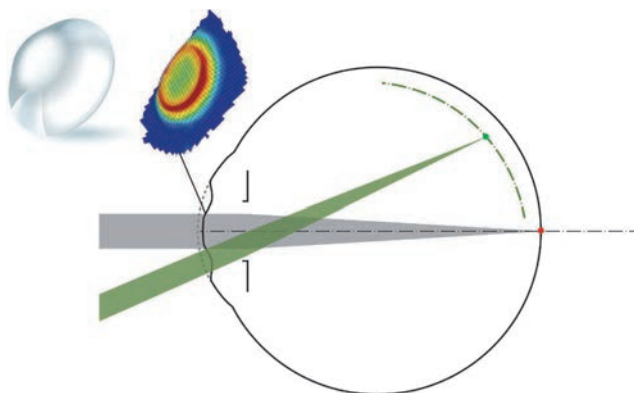


Рис.3 Схематическое изображение ортокератологической контактной линзы, топографии роговицы и прохождения световых лучей через измененную форму роговицы после ортокератологического лечения. Свет, проходящий через уплощенную центральную область роговицы, фокусируется непосредственно на центральной ямке сетчатки (серый световой пучок). Свет, проходящий через более крутую среднюю периферическую часть роговицы, фокусируется в точке, расположенной ближе относительно периферии сетчатки, тем самым создавая периферический миопический дефокус (зеленый световой пучок)

мультифокальные контактные линзы и очковые линзы для контроля и лечения миопии, которые, как было показано, эффективно замедляют прогрессирование близорукости.

В ортокератологии используются специально разработанные роговичные газопроницаемые контактные линзы с обратной геометрией, которые обеспечивают временное изменение формы роговицы за счет перераспределения многослойного эпителия во время ночного ношения.⁶ Измененный рельеф поверхности роговицы обычно остается стабильным в течение, как минимум, одного дня. В результате, как только ортокератологическая контактная линза будет снята, на роговице можно наблюдать ее кольцеобразный от-

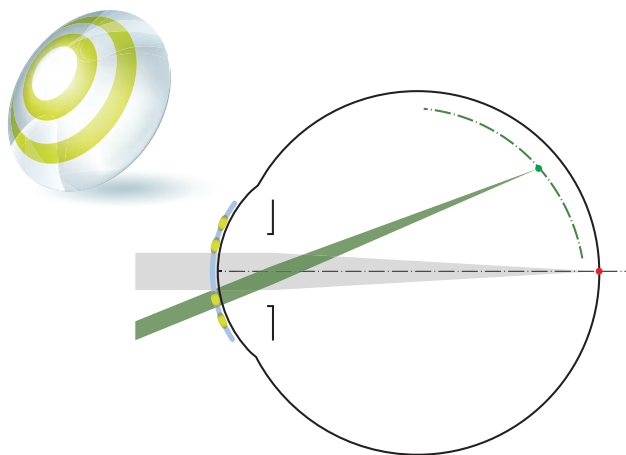


Рис.4. Схематическое изображение мягкой мультифокальной контактной линзы для контроля миопии и траектории прохождения световых лучей при ее использовании.

печаток. Как показано на рис.3, свет, проходящий через уплощенную центральную область роговицы, фокусируется непосредственно на центральной ямке сетчатки, что соответствует эффективному исправлению миопической аномалии рефракции глаза. Свет, проходящий через более крутую среднюю периферическую часть роговицы, фокусируется в точке, расположенной ближе относительно периферии сетчатки, тем самым создавая периферический миопический дефокус.⁸

Однодневные мягкие мультифокальные контактные линзы решают ту же задачу с помощью дизайнов с центром для дали, которые обеспечивают одновременную коррекцию центрального зрения и миопический дефокус на периферии сетчатки. Например, это достигается с помощью чередующихся оптических зон в виде concentрических колец с относительной положительной силой, в результате чего создаются две сферы фокусировки по всей сетчатке (рис.4).

По сравнению с контактными и ортокератологическими линзами, очковые линзы обладают явными преимуществами для детей. Они просты при подборе, хорошо принимаются и переносятся детьми, и такой способ лечения не является инвазивным. Такие линзы имеют чередующиеся зоны дефокуса с оптическими микроструктурами и зоны коррекции, за счет которых обеспечивается коррекция миопии вдоль зрительной оси и одновременное наложение относительного миопического дефокуса на большую часть периферии сетчатки для контроля прогрессирования миопии.

С 2007 г. компания ZEISS сотрудничает с крупнейшим в мире центром исследований по коррекции зрения Vision CRC (Австралия) в области разработки очковых линз для устранения периферического дефокуса. Помимо обеспечения оптимальной коррекции миопической аметропии, такие линзы могут также способствовать замедлению прогрессирования близорукости у детей. С 2010 г. Zeiss успешно производит для азиатских стран очковые линзы дизайна ZEISS MyoVision, с 2018 г. – ZEISS MyoVision Pro, в которых используются принципы управления периферическим дефокусом.

ZEISS MyoCare: новый дизайн линз для контроля прогрессирующей близорукости

Компания ZEISS, опираясь на более чем 10-летний инновационный опыт в контроле миопии у детей, совместно с широко известной в области лечения близорукости Глазной клиникой при Медицинском университете г. Вэньжоу (Wenzhou Medical University Eye Hospital WMU) разработала и протестировала несколько дизайнерских идей и прототипов, что привело к созданию в 2023 г. новой категории линз для лечения прогрессирования близорукости ZEISS MyoCare, основанных на концепции одновременного конкурирующего дефокуса

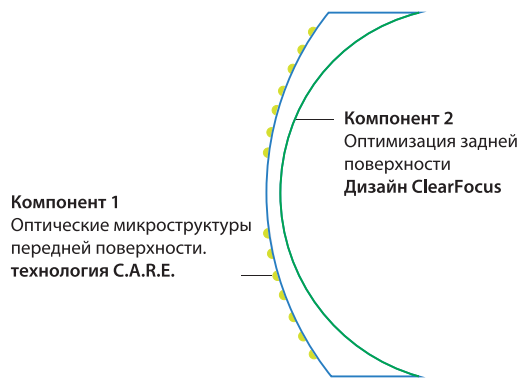


Рис.5. В основе линз ZEISS MyoCare лежат два базовых взаимодополняющих компонента: (1) Технология цилиндрических кольцевых рефракционных элементов (С.А.Р.Е.) и (2) дизайн ZEISS ClearFocus.

и удовлетворяющих существующей потребности в контроле прогрессирования близорукости.

При разработке оптического дизайна очковых линз для контроля прогрессирования миопии необходимо решить несколько задач. Во-первых, теоретически существует множество различных вариантов сочетания центральной зоны с коррекцией зрения вдаль с функциональной зоной с различными оптическими микроструктурами, обеспечивающими лечение прогрессирования близорукости. Из научных исследований известно, что влияние миопического дефокуса на развитие рефракции уменьшается с увеличением эксцентриситета (*Ред.: степени отклонения от окружности формы дефокуса*) и наиболее сильно проявляется в ближней периферии непосредственно у центральной ямки сетчатки.⁷ При этом размеры центральной зоны линзы должны позволять детям осуществлять свою обычную повседневную деятельность. Таким образом, крайне важно найти оптимальный компромисс: функциональная (периферическая) зона должна быть как можно большего размера, чтобы обеспечить максимальный одновременный конкурирующий дефокус на большей части сетчатки, а центральная чистая зона линзы должна иметь как можно меньший размер, обеспечивая острое и четкое зрение для основной повседневной деятельности детей.

Во-вторых, несмотря на то, что контроль прогрессирования близорукости имеет первостепенное значение, удобство ношения является решающим фактором для обеспечения соответствия комплаенса и, следовательно, эффективности любого оптического решения, направленного на лечение миопии.

В-третьих, для того чтобы обеспечить требуемую коррекцию и необходимый дефокус при всех направлениях взгляда, важно учитывать движения глаза за очковой линзой. Оптимальный дизайн очковых линз, предназначенных для контроля миопии, также должен минимизировать нежелательный гиперметропический дефокус.

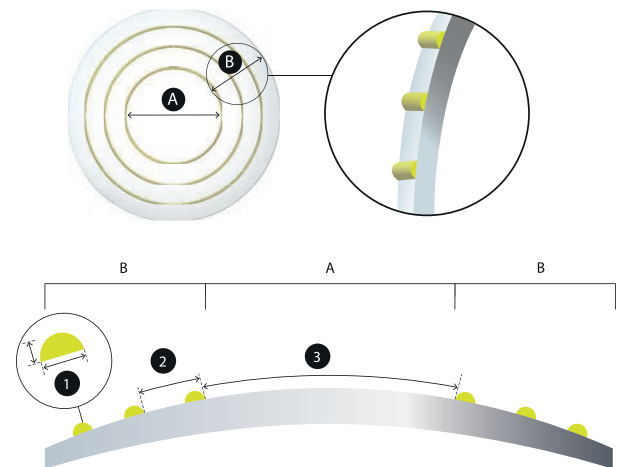


Рис.6. Схематическое изображение геометрических параметров оптимизации для (А) центральной зоны и (В) функциональной зоны линз ZEISS MyoCare. (1) Высота и ширина цилиндрических кольцевых рефракционных элементов, (2) расстояние между микроструктурами, (3) размер центральной чистой зоны.

Линзы ZEISS MyoCare основываются на двух интегральных концепциях дизайна линз, образующих два базовых взаимодополняющих компонента для контроля миопии: технологию С.А.Р.Е. и дизайн ZEISS ClearFocus (рис.5).

Микроструктуры, включенные в линзы ZEISS MyoCare, выполнены в виде цилиндрических кольцевых рефракционных элементов (С.А.Р.Е.). Вокруг центральной зоны, обеспечивающей оптимальную коррекцию вдаль с учетом рефракционных потребностей пациента с близорукостью, имеется функциональная зона, распространяющаяся к периферии линзы (рис.6). Эта функциональная зона состоит из чередующихся регулярных зон коррекции зрения вдаль и С.А.Р.Е. элементов, имеющих малые размеры. Соответственно, элементы С.А.Р.Е. едва различимы невооруженным глазом, но могут быть визуализированы, используя световую проекцию.

Ключом к нахождению оптимального баланса между эффективным контролем прогрессирования близорукости, четким зрением вдаль и возможностью повседневного ношения при сохранении комфорта являются специфические размеры и взаимодействие различных параметров оптимизации дизайна линзы (рис.6), в частности:

- I. Размер центральной чистой зоны четкого зрения вдаль.
- II. Дополнительная оптическая сила поверхности цилиндрических кольцевых рефракционных элементов, которая определяется высотой и шириной микроструктур.
- III. Расстояние между двумя последовательными микроструктурными элементами.
- IV. Коэффициент заполнения, описывающий отно-

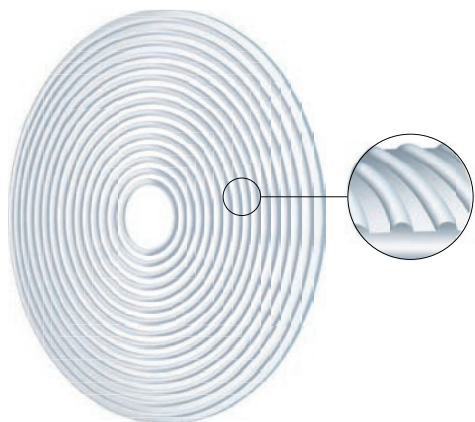


Рис.7. Коэффициент заполнения линзы ZEISS MyoCare, описывающий отношение площади функциональной зоны, занимаемой цилиндрическими элементами С.А.Р.Е., к площади секторов этой зоны, имеющих обычную силу линзы, составляет 0,5. Высота микроструктур измеряется в нанометрах.

шение площади функциональной зоны, занимаемой микроструктурами, к площади этой зоны, имеющей обычную оптическую силу линзы (для коррекции зрения вдаль).

В результате моделирования дизайна линзы было установлено, что центральная зона размером от 7 мм до 9 мм представляется оптимальной для обеспечения желаемых зрительных характеристик. Такая центральная зона достаточна для того, чтобы дети могли осуществлять свою обычную повседневную деятельность, включая чтение и письмо. В то же время компания ZEISS, следуя последним выводам научных исследований о влиянии локализации миопического дефокуса, сохраняет как можно меньший размер чистой центральной зоны для того, чтобы сформировать эффективную функциональную зону, проецирующую миопический дефокус на ближнюю периферию, как можно ближе к центральной ямке сетчатки.

Коэффициент заполнения линзы ZEISS MyoCare, описывающий отношение площади функциональной зоны, занимаемой цилиндрическими элементами С.А.Р.Е., к площади секторов этой зоны, имеющих обычную силу линзы, составляет 0,5 (рис.7). Высота микроструктур измеряется в нанометрах.

Сложная геометрия и форма светового пучка после преломления через цилиндрические кольцевые элементы С.А.Р.Е. лучше всего могут быть описаны понятием «оптическая каустика». Каустика определяется как оболочка пучка световых лучей, которые были отражены или преломлены изогнутой оптической поверхностью. Таким образом, каустика является общим свойством всего светового пучка и не характеризует отдельный световой луч. В линзах ZEISS MyoCare каустика создает перед сетчаткой конкурирующий объемный миопический дефокус (рис.8) для контроля миопии.

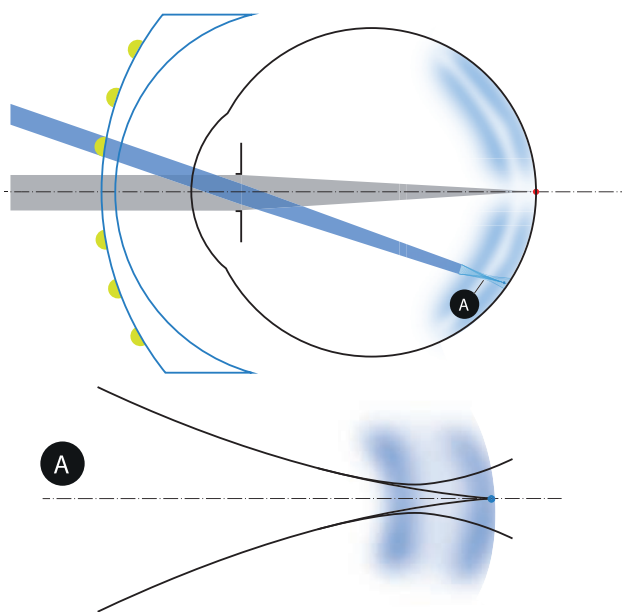


Рис.8. Благодаря особой геометрии поверхности свет, проходящий через элементы С.А.Р.Е. в линзах ZEISS MyoCare, не фокусируется в одной точке, а формирует оптическую каустику, которая создает объемное распределение миопического дефокуса перед сетчаткой.

Клинические исследования прототипов линз ZEISS MyoCare показали необходимость технически разных подходов к детям с миопией разных возрастных категорий: до 10 лет и старше. В связи с этим линзы ZEISS MyoCare выпускаются в двух дизайнах: в жестком ZEISS MyoCare – для детей до 10 лет и мягком ZEISS MyoCare S – для детей и подростков 10 лет и старше. Дизайны отличаются диаметром центральной зоны и эффективной оптической силой цилиндрических кольцевых преломляющих элементов. Для дизайна ZEISS MyoCare ширина центральной зоны составляет 7 мм и эффективная сила кольцевых преломляющих элементов +4,6D. Для дизайна MyoCare S ширина средней зоны 9 мм, а эффективная сила кольцевых преломляющих элементов +3,8D. Подобная дифференциация тонко учитывает возрастные особенности и позволяет повысить эффективность контроля миопии у детей и подростков.

Традиционные сферические монофокальные линзы обладают значительными aberrациями, особенно когда взгляд направлен в сторону от центра линзы. Эти нежелательные оптические aberrации искажают фактическую рефракцию линзы по сравнению с предполагаемой оптимальной коррекцией на периферии линзы. В линзах ZEISS MyoCare такие оптические aberrации привели бы не только к ошибочной коррекции рефракции, но и, прежде всего, к уменьшению ожидаемого миопического дефокуса, создаваемого цилиндрическими кольцевыми рефракционными элементами в функциональной зоне. Кроме того, и

это особенно важно для лечения близорукости, при использовании традиционных сферических монофокальных линз дети с близорукостью испытывают гиперметропический дефокус, вызванный оптическими aberrациями на периферии линзы, который считается триггером осевого удлинения глаза. Поэтому в линзах ZEISS MyoCare используется поточечная оптимизация несферической задней поверхности линзы — так называемый дизайн ZEISS ClearFocus (рис.9).

Дизайн ZEISS ClearFocus обеспечивает для всех направлений взгляда как оптимальную коррекцию рефракции пациента в соответствии с рецептом любой сложности, так и желаемый миопический дефокус. Кроме того, дизайн ZEISS ClearFocus позволяет эффективно минимизировать возникновение гиперметропического дефокуса в отличие от обычных сферических монофокальных линз.

Выводы

Дизайн линз ZEISS MyoCare, вдохновленный действием на роговицу ортокератологических линз, использует кольцевые цилиндрические микроструктуры для индуцирования конкурирующего миопического дефокуса на периферии сетчатки с целью замедления прогрессирования миопии.

В линзах ZEISS MyoCare, созданных по запатентованной технологии цилиндрических кольцевых рефракционных элементов (Cylindrical Annular Refractive Elements, C.A.R.E.), зоны дефокуса чередуются с зонами коррекции зрения вдали, распространяясь к периферии линзы. Дизайн предназначен для замедления прогрессирования близорукости, сохраняя при этом удобство повседневного ношения.

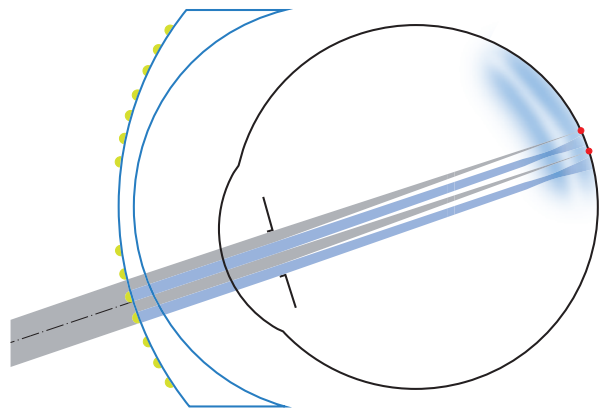


Рис.9. Дизайн ZEISS ClearFocus характеризуется поточечной оптимизацией задней поверхности линзы для обеспечения оптимальной коррекции рефракции и требуемого миопического дефокуса для всех направлений взгляда.

Глаза человека постоянно находятся в движении, поэтому линзы ZEISS MyoCare с дизайном ZEISS ClearFocus, оптимизирующим заднюю поверхность линзы, не только обеспечивают правильную оптическую силу линзы, но и контролируют и предотвращают нежелательный гиперметропический дефокус независимо от направления взгляда. Все это вместе гарантирует хорошее зрение ребенку с близорукостью и необходимый контроль миопии при любых зрительных углах.

Линзы ZEISS MyoCare доступны для заказа с 1 мая 2023 г.

Статья предоставлена компанией Optic Dias.

Литература

1. Németh J, Tapasztó B, Aclimandos WA, et al. Update and guidance on management of myopia. European Society of Ophthalmology in cooperation with International Myopia Institute. Eur J Ophthalmol. 2021;31(3):853-883. doi: 10.1177/1120672121998960.
2. Chen M, Wu A, Zhang L, et al. The increasing prevalence of myopia and high myopia among high school students in Fenghua city, eastern China: a 15-year population-based survey. BMC Ophthalmol. 2018;18(1):159. doi: 10.1186/s12886-018-0829-8.
3. Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, et al. Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050. Ophthalmology. 2016;123(5):1036-42. doi: 10.1016/j.ophtha.2016.01.006.
4. Morgan IG, Wu PC, Ostrin LA, Tideman JW, Yam JC, Lan W, Baraas RC, He X, Sankaridurg P, Saw SM, French AN, Rose KA, Guggenheim JA. IMI Risk Factors for Myopia. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2021;62(5):3.
5. Smith Iii EL, Arumugam B, Hung LF, She Z, Beach K, Sankaridurg P. Eccentricity-dependent effects of simultaneous competing defocus on emmetropization in infant rhesus monkeys. Vision Res. 2020;177:32-40.
6. Jonas JB, Ang M, Cho P, Guggenheim JA, He MG, Jong M, Logan NS, Liu M, Morgan I, Ohno-Matsui K, Pärssinen O, Resnikoff S, Sankaridurg P, Saw SM, Smith EL 3rd, Tan DTH, Walline JJ, Wildsoet CF, Wu PC, Zhu X, Wolfssohn JS. IMI Prevention of Myopia and Its Progression. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2021;62(5):6.
7. Smith Iii EL, Arumugam B, Hung LF, She Z, Beach K, Sankaridurg P. Eccentricity-dependent effects of simultaneous competing defocus on emmetropization in infant rhesus monkeys. Vision Res. 2020;177:32-40.
8. Kakita T, Hiraoka T, Oshika T. Influence of overnight orthokeratology on axial elongation in childhood myopia. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2011;52:2170-2174.