

Торможение прогрессирования миопии с помощью очковых линз

Однофокальные очковые линзы являются наиболее распространенным методом коррекции миопии. У очковых линз много преимуществ перед другими методами коррекции миопии: их легко подбирать, очки в большинстве случаев хорошо воспринимаются пользователями, к ним быстро привыкают, они вполне доступны по стоимости и, кроме того, очки – наименее инвазивный метод коррекции зрения.

Теоретическое обоснование контроля миопии очковыми линзами

Хотя механизм формирования и прогрессирования миопии до сих пор остается невыясненным, применение того или иного типа очковых линз с целью замедления прогрессирования миопии обычно связывают с одной из двух принятых на сегодняшний день теорий, учитывающих влияние дефокуса изображения на сетчатке на осевой рост глаза и, соответственно, на прогрессирование миопии. В целом ряде экспериментов на животных было показано, что индуцированный линзами миопический дефокус подавляет рост глаза, а гиперметропический, наоборот, ускоряет.

Согласно первой теории (**теория задержки аккомодации**), стимулом для ускоренного аксиального роста глаза, т.е. для прогрессирования миопии у ребенка является размытие изображения на сетчатке, возникающее из-за задержки аккомодационного ответа (lag аккомодации) при выполнении зрительных задач на близких расстояниях. Когда ребенок смотрит на близкорасположенный объект, то аккомодационный ответ оказывается меньше, чем требуемая для расстояния до объекта величина, и поэтому объект виден размытым (рис.1). Показано, что lag аккомодации у миопов больше, чем у эметропов. Величина lag аккомодации возрастает с уменьшением расстояния до объекта (рис.2). Считается, что чем меньше расстояние и больше длительность работы вблизи, тем больше риск развития и прогрессирования миопии.

Вторая теория, получившая в последнее время широкое практическое подтверждение, связывает

Поэтому вполне понятно, что эффект замедления прогрессирования миопии в первую очередь был исследован для различных типов очковых линз: обычных однофокальных, бифокальных и прогрессивных, а также линз специального дизайна. Мы публикуем обзор исследований, посвященных изучению возможностей контроля миопии с помощью очковых линз различных оптических дизайнов.

прогрессирование миопии с гиперметропическим дефокусом на периферии сетчатки (**теория периферического дефокуса**). Полагают, что такой дефокус даже при четком центральном зрении является стимулом для ускоренного осевого роста глаза и развития миопии. Клинические исследования показали, что у миопов обычно наблюдается относительный гиперметропический дефокус на периферии сетчатки (рис.3).

Применение для торможения прогрессирования миопии того или иного типа очковых линз обычно обосновывают одной из указанных теорий.

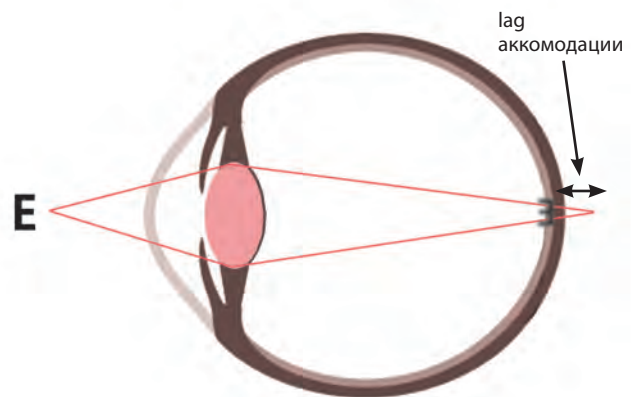


Рис.1. Задержка аккомодационного ответа приводит к размытию изображения расположенного вблизи объекта

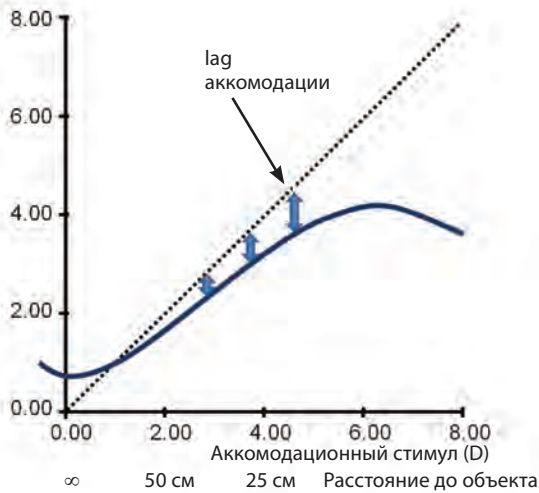


Рис. 2. Зависимость lag аккомодации от расстояния до объекта

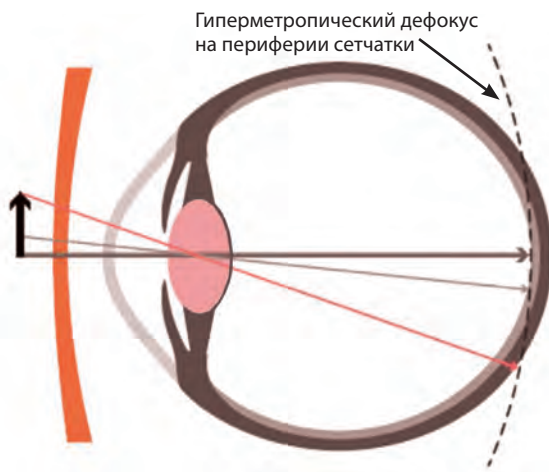


Рис. 3. Относительный гиперметропический дефокус на периферии сетчатки у миопов

Неполная очковая коррекция

Относительно действия, оказываемого простыми однофокальными линзами, на прогрессирование миопии, имеются противоречивые данные. В течение многих лет для торможения развития миопии у детей применяли так называемую неполную коррекцию, при которой детям назначали однофокальные линзы с меньшей оптической силой, чем необходимо для четкого зрения вдаль. В соответствии с теорией задержки аккомодационного ответа, необходимо для четкого зрения вдаль. В соответствии с теорией задержки аккомодационного ответа, необходимо для четкого зрения вдаль. В соответствии с теорией задержки аккомодационного ответа, необходимо для четкого зрения вдаль. В соответствии с теорией задержки аккомодационного ответа, необходимо для четкого зрения вдаль.

В раннем нерандомизированном исследовании [Tokoro T, Kabe S, 1965] был подтвержден эффект замедления прогрессирования миопии в случае применения недокоррекции. Позднее, в начале 2000-х годов, были проведены методически корректно выполненные контролируемые рандомизированные исследования (RCT), показавшие, что недокоррекция от +0,5 до +0,75 D в течение 1,5-2,0 лет либо ускоряет развитие миопии, либо не оказывает заметного действия по сравнению с полной очковой коррекцией. Однако в 2015 г. были опубликованы результаты исследования, свидетельствующие, что прогрессирование миопии значительно замедляется с увеличением степени недокоррекции [Li SY et al, 2015]. В этом же тренде находятся результаты недавнего исследования развития миопии у двенадцатилетних китайских детей [Sun Y-Y et al, 2017], в котором было показано, что без коррекции миопия развивается медленнее, чем при полной коррекции. Однако величина замедления развития миопии не имела клинического значения (0,27 D за 2 года). При рассмотрении эффекта недокоррекции необходимо также учитывать, что из-за плохого зрения вдаль у некоторых детей может наблюдаться изменение поведения (например, уменьшение времени активных занятий вне помещения), что также может влиять на развитие миопии. В целом сейчас признано нецелесообразным рекомендовать недокоррекцию как метод контроля миопии.

Однофокальные линзы для коррекции периферического дефокуса

Компания Carl Zeiss Vision в сотрудничестве с австралийским Vision Cooperative Research Centre (Vision CRC) разработала около 25 новых дизайнов очковых линз с целью коррекции периферического гиперметропического сдвига. В проведенном в Китае рандомизированном исследовании [Sankaridurg et al, 2010] были протестированы 3 новых типа дизайнов очковых линз. Сравнение проводили со стандартными однофокальными сферическими линзами. Все линзы имели чистую без аберраций центральную зону для четкого зрения вдаль. Две линзы (тип I и II) имели ротационно симметричный дизайн с различным размером центральной зоны и разными уровнями положительной рефракции на периферии. Третья линза (тип III, ставший впоследствии прототипом линзы MyoVision компании Carl Zeiss) имела более сложный асимметричный дизайн с увеличивающейся оптической силой по горизонтальному меридиану. Целью этого дизайна была коррекция периферического гиперметропического сдвига по горизонтальному меридиану. У линз III типа нижняя назальная часть не имела никакой аддидации, т.е. эти линзы не оказывали поддержки аккомодации при выполнении зрительных задач вблизи, когда используется нижняя часть линзы.

К сожалению, клинически значимого положительного эффекта после 12 месяцев ношения не было выявлено ни для одного из трех типов линз. Только в подгруппе детей от 6 до 12 лет, имевших, по крайней мере, одного родителя с миопией, для дизайна III типа (MyoVision) был показан небольшой положительный эффект (снижение на 0,30 D за год по сравнению с аналогичным контролем). Линзы Zeiss MyoVision сначала стали доступны в Австралии, а на глобальный рынок, включая Канаду, в 2018 г. были выведены FreeForm линзы улучшенного дизайна Zeiss MyoVision Pro (могут быть изготовлены с учетом индивидуальных параметров). Однако в недавнем исследовании контроля миопии при ношении линз Zeiss MyoVision японскими детьми (ношение линз в течение двух лет, 207 детей 6-12 лет, у которых хотя бы один родитель миоп) замедления прогрессирования миопии не было обнаружено по сравнению с контролем [Kanda H et al, 2018].

Не было выявлено эффекта торможения прогрессирования миопии и при исследовании линз, в которых высокая положительная асферизация зоны для зрения вдаль для коррекции периферического дефокуса была объединена с прогрессивным дизайном линзы для обеспечения дополнительной оптической силы в зоне зрения вблизи для уменьшения lag аккомодации – прогрессивных линз с положительной асферикой (PA-PAL) [Hasebe S et al, 2014]. В рандомизированном исследовании приняло участие 197 детей от 6 до 12 лет с миопией от -1,00 D до -4,5 D. Линзы PA-PAL с аддидацией +1,00 D и +1,5 D сравнивали с однофокальными линзами. Для коррекции периферического дефокуса оптическая сила верхней периферии линзы была больше коррекции для дали на положительную величину, примерно равную аддидации зоны зрения вблизи. Это должно было создавать дополнительный стимул (помимо уменьшения lag аккомодации прогрессивным дизайном линзы) для торможения прогрессирования миопии.

Исследование продолжалось два года. Рост миопии с однофокальными линзами составил -1,39 D. Линзы PA-PAL с аддидацией +1,5 D показали статистически достоверное торможение прогрессирования миопии на 0,27 D (на 20%) за два года, причем практически весь эффект был достигнут в первый год. Линзы PA-PAL с аддидацией +1,0 D не показали заметного положительного эффекта. Авторы сделали вывод, что положительная асферизация не усиливает эффективность прогрессивных линз в торможении прогрессирования миопии.

Бифокальные линзы

Традиционное обоснование применения бифокальных линз для торможения развития миопии основывается на уменьшении или устранении задержки аккомодации при длительной работе на близких расстояниях (теория задержки аккомодации). Снижение

аккомодационной нагрузки связано также с уменьшением напряжения цилиарной мышцы, что уменьшает давление на прилежащую склеру. Следует отметить, что все мультифокальные линзы, включая бифокальные, также индуцируют относительный миопический сдвиг периферических рефракционных ошибок, по крайней мере, в верхней области сетчатки [Berntsen DA et al, 2013].

Было проведено несколько клинических рандомизированных исследований с бифокальными линзами. В одном из исследований с участием детей с эзофорией [Fulk GW et al, 2000] было зарегистрировано небольшое (0,25 D), но статистически значимое, уменьшение прогрессирования миопии при ношении бифокальных flat тор линз по сравнению с однофокальными линзами. Однако в другом более раннем трехлетнем исследовании [Parssinen O et al, 1989] было показано, что рост миопии при ношении однофокальных очков меньше, чем при ношении бифокальных. Положительного эффекта бифокальных линз не удалось обнаружить и в ряде других работ.

Эти данные не согласуются с результатами 3-х летнего рандомизированного исследования [Cheng et al, 2014] с двумя типами бифокальных executive линз (executive линза состоит из двух половинок однофокальных линз разной оптической силы, соединенных по горизонтальной линии, причем оптический центр сегмента для зрения вблизи расположен на разделительной линии). Исследовали 1) бифокалы с аддидацией +1,5 D и 2) бифокалы с аддидацией +1,5 D со встроенной в сегмент горизонтальной призмой +3 призм. дптр. основанием внутрь (линзы Myorilux Max компании Essilor, рис.4). Для исследования были отобраны проживающие в Канаде китайские дети в возрасте от 8 до 13 лет, имеющие миопию не менее 1 D со скоростью

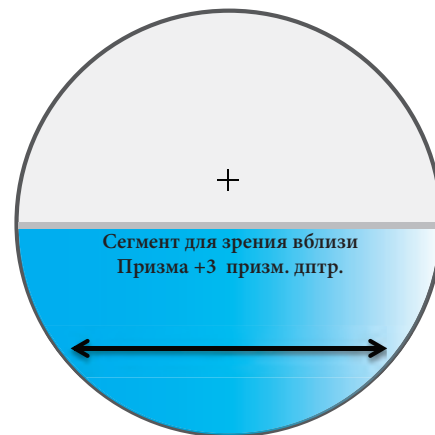


Рис.4. Схематическое изображение строения бифокальной линзы Myorilux Max (Essilor) со встроенной в сегмент для зрения вблизи призмой

прогрессирования не менее 0,5 D в год. Была выбрана аддидация +1,5 D, поскольку такая величина у детей со стандартными бифокалами снижала аккомодационный lag и при этом не индуцировала большую экзофорию вблизи. Призма общей величиной 6 призм. дптр в сегменте для зрения вблизи уменьшала почти до нуля индуцированную линзой экзофорию у детей из группы с призматическими бифокалами.

Обе бифокальные линзы показали значительное уменьшение прогрессирования миопии у детей старше 3-х лет по сравнению с однофокальными очками. Миопия за 3 года выросла до: -2,06 D в группе с однофокальными очками, -1,25 D в группе с бифокалами, -1,01 D с призматическими бифокалами. Удлинение оси глаза составило: 0,82 мм, 0,57 мм и 0,54 мм, соответственно. Лечебный эффект для бифокалов был 0,81 D и для призматических бифокалов 1,05 D (снижение на 51%). Для детей с высоким lag аккомодации ($\geq 1,01$ D) лечебный эффект обоих бифокалов был одинаковым (1,1 D). Для детей с низким lag аккомодации ($< 1,01$ D) эффект призматических бифокалов оказался выше (0,99 D), чем действие обычных бифокалов (0,50 D). Лечебный эффект обоих типов бифокалов не зависел от типа фории вблизи. Авторы исследования считают, что для детей с высоким lag аккомодации уменьшение lag стандартными бифокалами вполне достаточно для контроля прогрессирования миопии. Большая эффективность призматических бифокалов для детей с низким lag может быть связана с тем фактом, что призма основанием внутрь уменьшает конвергенцию и индуцированную линзами экзофорию.

Прогрессивные линзы

Прогрессивные линзы – это тип очковых линз, способность которых замедлять прогрессирование миопии была исследована наиболее тщательно. Их применение основывается на теории аккомодационной задержки, т.е. на возможности с их помощью уменьшать аккомодационный lag и снижать аккомодационную нагрузку при длительной работе вблизи.

Leung and Brown в 1999 г. опубликовали результаты сравнения прогрессивных линз с аддидацией 1,5 D и 2,0 D с однофокальными линзами по их эффективности тормозить прогрессирование миопии. Они посчитали, что прогрессивные линзы лучше контролируют дефокус на всех расстояниях, чем бифокальные линзы. Прогрессивные линзы за 2 года ношения значительно снизили рост миопии по сравнению с однофокальными линзами: на 0,47 D для +1,5 D аддидации и на 0,57 D для +2,0 D.

Однако это исследование не было полностью рандомизированным, а проведенные позднее в США, Китае, Гонконге и Японии исследования показали, что хотя прогрессивные линзы и достоверно уменьшают

прогрессирование миопии, положительный эффект в большинстве случаев оказывает меньше 0,25 D, что нельзя считать клинически значимым результатом.

В масштабном рандомизированном исследовании COMET [Gwiazda et al, 2004] сравнивали прогрессирование миопии у китайских детей, носивших в течение 3-х лет прогрессивные линзы (Essilor) с аддидацией +2,00 D и однофокальные линзы. По истечении трех лет в группе с прогрессивными линзами было зарегистрировано статистически достоверное, но клинически несущественное снижение торможения миопии на 14% по сравнению с однофокальными линзами. Более заметный эффект был получен для экзофорических детей с высоким lag аккомодации – снижение на 37%. Основываясь на результатах COMET, Essilor предложил две прогрессивные линзы для контроля миопии у детей – Myopilux Lite и Myopilux Plus. Линзы Myopilux Lite рекомендованы для экзофорических детей с прогрессирующей миопией. Линзы имеют аддидацию +2,00 D, и их дизайн адаптирован для ношения детьми (инсет больше и коридор прогрессии короче, чем у линз для взрослых). Линзы Myopilux Plus в отличие от Myopilux Lite учитывают эргономику конкретного ребенка и изготавливаются с применением технологии Wave Technology [Yeo A et al, 2016].

В работе [Schilling et al, 2017] исследовали способность четырех специальных дизайнов прогрессивных линз уменьшать lag аккомодации при выполнении заданий на близких расстояниях. Линзы различались шириной зоны зрения вблизи (Тип 1) или знаком и величиной градиента оптической силы по горизонтали в окрестности зоны зрения вблизи. В исследовании принимал участие 31 человек в возрасте от 18 до 25 лет. Один из типов прогрессивных линз (Тип 4, с более высоким отрицательным градиентом оптической силы по горизонтали) показал наилучшую способность уменьшить lag аккомодации у миопов (до 30% по сравнению с обычными прогрессивными линзами).

Компания Zeiss использовала этот тип прогрессивного дизайна как основу для своих прогрессивных линз для контроля миопии у детей Zeiss Myokids. В 2018 г. линзы Zeiss Myokids были вместе с линзами Zeiss MyoVision представлены на оптической выставке в Шанхае.

Однофокальные линзы с инкорпорированными дефокусными сегментами (D.I.M.S.)

Компания Ноуа совместно с Гонконгским политехническим университетом разработала на основе технологии D.I.M.S. (Defocus Incorporated Multiple Segments) инновационные очковые линзы (MyoSmart) для контроля миопии у детей. Линзы имеют центральную зону диаметром 9 мм для коррекции зрения вдаль, которая

ОЧКОВЫЕ ЛИНЗЫ

окружена кольцевой зоной (диаметр 33 мм), содержащей около 400 дефокусных сегментов (рис.5). Сегменты представляют собой небольшие линзы (диаметр 1,03 мм), создающие дефокус +3,5 D. Линзы обеспечивают четкое зрение вдаль и одновременно создают периферический миопический дефокус для зрения на всех расстояниях. В клиническом рандомизированном исследовании [Lam CSY et al, 2019] было проведено сравнение прогрессирования миопии у детей, носивших линзы D.I.M.S. или однофокальные линзы (SV).

По результатам двухлетнего (продолжающегося) исследования, в котором приняло участие 183 китайских школьника 8-13 лет (контроль и тестируемая группы примерно равны по численности) с миопией от -1,00 D до -5,00 D, среднее прогрессирование миопии за 2 года составило в группе D.I.M.S. -0,38 D и в группе однофокальных линз -0,93 D (эффект торможения миопии 52%). Осевая длина глаза за это время увеличилась на 0,21 мм и 0,53 мм, соответственно (эффект замедления роста 62%). Наибольший эффект наблюдался в первые 6 месяцев ношения линз D.I.M.S., что было связано с более быстрым прогрессированием миопии в группе SV в этот период. В дальнейшем лечебный эффект D.I.M.S. был достаточно постоянным на протяжении двух лет.

Таким образом, линзы D.I.M.S. показали более высокую эффективность торможения прогрессирования миопии у детей, чем существующие прогрессивные линзы (10-35%) и очковые линзы с периферическим дефокусом. Эффективность линз D.I.M.S. сопоставима с действием призматических бифокальных очковых линз (около 50%).

Линзы D.I.M.S. остановили прогрессирование миопии у 21,5% детей, в то время как в группе SV миопия не прогрессировала в течение двух лет только у 7% детей. Однако примерно у 13% детей в группе D.I.M.S. все-таки наблюдался значительный рост рефракции

(>1 D). Кроме того, в работе было показано, что эффективность линз D.I.M.S. не зависела от lag аккомодации, начального уровня миопии и наличия миопии у родителей. Возраст детей был единственным фактором, оказывающим влияние на эффективность линз D.I.M.S. Лечебный эффект был выше для детей старшего возраста (10-13 лет). Авторы предположили, что различия в терапевтическом эффекте связаны с различным профилем сетчатки или с разной периферической рефракцией у детей разных возрастов. Для детей с большим периферическим гиперметропическим дефокусом величина миопического дефокуса, создаваемого линзами D.I.M.S., возможно, оказывается недостаточно большой, чтобы обеспечить лечебный эффект.

Авторы отмечают, что ношение линз D.I.M.S. не создавало особых трудностей, очки с этими линзами дети носили так же, как и свои привычные однофокальные очки. Клиническое исследование линз D.I.M.S. продолжается.

Заключение

Таким образом, ведущие производители очковых линз уже сегодня могут предложить достаточно эффективные способы торможения прогрессирования миопии у детей (см. таблицу). И хотя максимальное замедление прогрессирования миопии с их помощью может не превышать 0,5 D в год, следует помнить, что каждая лишняя диоптрия увеличивает риск развития в последующие годы миопической макулодистрофии на 67% [Bullimore MA, Brennan NA, 2019].

Следует отметить, что на сегодняшний день нет по-настоящему корректного критерия сравнения эффективности различных способов контроля миопии. Результаты сравнения по степени (в процентах) снижения изменения рефракции за определенный промежуток времени зависят от длительности лечебного

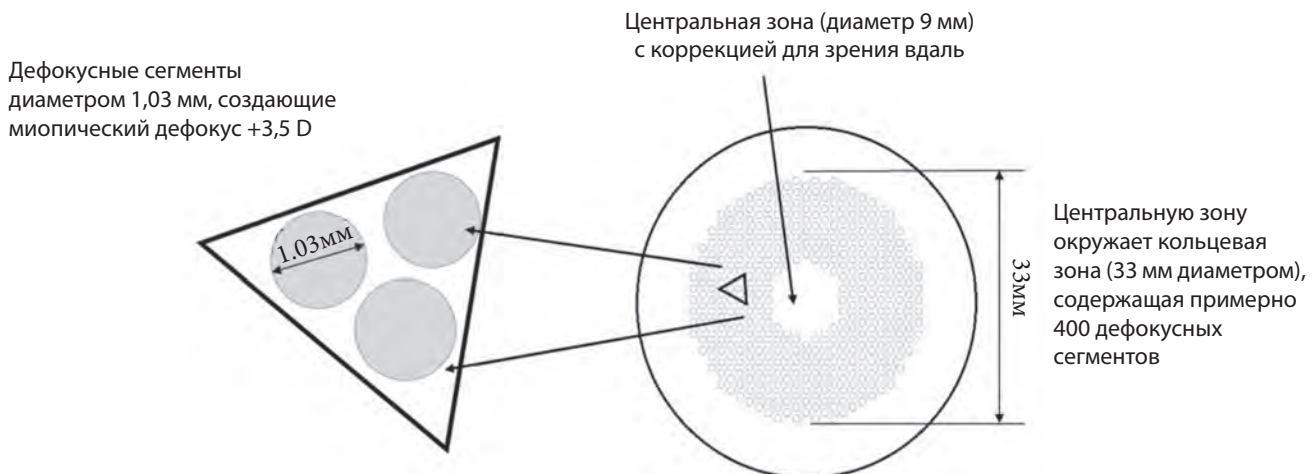


Рис.5. Схематическое изображение строения очковых линз с инкорпорированными дефокусными сегментами (DIMS)

ОЧКОВЫЕ ЛИНЗЫ

курса, возраста детей, степени их миопии и ее прогрессирования и др. факторов. На конференции по миопии в Японии М. Bullimore с коллегами предложили для оценки эффективности методики контроля миопии в качестве «золотого» стандарта использовать абсолютное кумулятивное снижение удлинения оси глаза, считая этот показатель более объективным, наглядным и точным. К сожалению, не во всех проведенных ранее исследованиях проводили измерение осевой длины глаза. Будем надеяться, что в последующих работах

измерение степени аксиального удлинения глаза станет обязательным, и можно будет более корректно сравнивать эффективность различных подходов к контролю миопии.

Существующие оптические дизайны находятся только в самом начале своего развития, и для их совершенствования необходимы дальнейшие исследования механизма развития и прогрессирования миопии у детей. На это будут направлены усилия ведущих специалистов мира в ближайшие годы.

Таблица. Коммерчески доступные очковые линзы для контроля миопии зарубежных производителей

Линза (производитель)	Дизайн	Эффективность торможения прогрессирования миопии
Однофокальные линзы для коррекции периферического дефокуса		
Zeiss MyoVision, Zeiss MyoVision Pro (Zeiss)	Асимметричный дизайн с увеличением оптической силы по горизонтальному меридиану. Zeiss MyoVision Pro – с учетом индивидуальных параметров.	<ul style="list-style-type: none"> • 30% в год в подгруппе детей, по крайней мере, с одним родителем миопом [Sankaridurg et al, 2010]; • Эффект не обнаружен [Kanda H et al., 2018]
Hoya MyoSmart (Hoya)	Технология D.I.M.S.	<ul style="list-style-type: none"> • 52% по рефракции и 62% по замедлению осевого роста глаза [Lam CSY et al, 2019]
Бифокальные линзы		
Myopilux Max (Essilor)	Бифокальные линзы с горизонтальной призмой в сегменте для зрения вблизи. Сегмент +2,00 D, призма 3D основанием внутрь.	<ul style="list-style-type: none"> • 51% [Cheng D et al, 2014]
Прогрессивные линзы		
Myopilux Lite, Myopilux Plus (Essilor)	Прогрессивный дизайн, адаптированный для детей. Аддидация +2,00 D	<ul style="list-style-type: none"> • 14%; в группе детей с высокой задержкой аккомодации 37%. COMET [Gwazda et al, 2014]
MyoKids, MyoKids Pro (Zeiss)	Прогрессивные линзы специального дизайна (аддидация от 1,00 до 2,50 D). MyoKids Pro – индивидуализация дизайна по параметрам положения линз	<ul style="list-style-type: none"> • Уменьшение lag аккомодации до 30% лучше, чем обычные прогрессивные линзы [Schilling et al, 2017]

При подготовке обзора были использованы следующие основные источники:

- Bullimore MA, Brennan NA. Myopia Control: Why Each Diopter Matters. *Optom Vis Sci.* 2019 Jun; 96(6):463-465
- Cheng D et al. Effect of Bifocal and Prismatic Bifocal Spectacles on Myopia Progression in Children Three-Year Results of a Randomized Clinical Trial. *JAMA Ophthalmol.* 2014; 132(3):258-264
- Gwiazda JE et al. COMET Group. Accommodation and related risk factors associated with myopia progression and their interaction with treatment in COMET children. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2004 Jul;45(7):2143-51
- Hasebe S et al. Effect of progressive addition lenses on myopia progression in Japanese children: a prospective, randomized, double-masked, crossover trial. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2008; 49: 2781–2789
- Kanda H et al. Effect of spectacle lenses designed to reduce relative peripheral hyperopia on myopia progression in Japanese children: a 2-year multicenter randomized controlled trial. *Jpn J Ophthalmol.* 2018; 62: 537–543
- Lam CSY, et al. *Br J Ophthalmol* 2019;0:1–6. doi:10.1136/bjophthalmol-2018-313739
- Sunderji F. New Spectacle Lens Designs Specifically for the Management of Juvenile-Onset Myopia. <http://digital.crojournals.com/publication>
- Wildsoet CF et al. IMI – Interventions for Controlling Myopia Onset and Progression Report, *Investigative Ophthalmology & Visual Science* February. 2019, Vol.60, M106-M131
- Yeo A et al. Myopia and effective management solutions. *Points de Vue*, 2016, #73