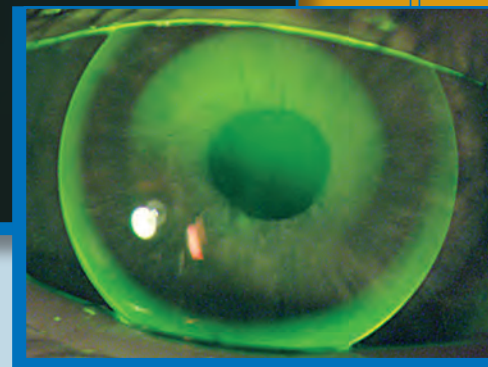
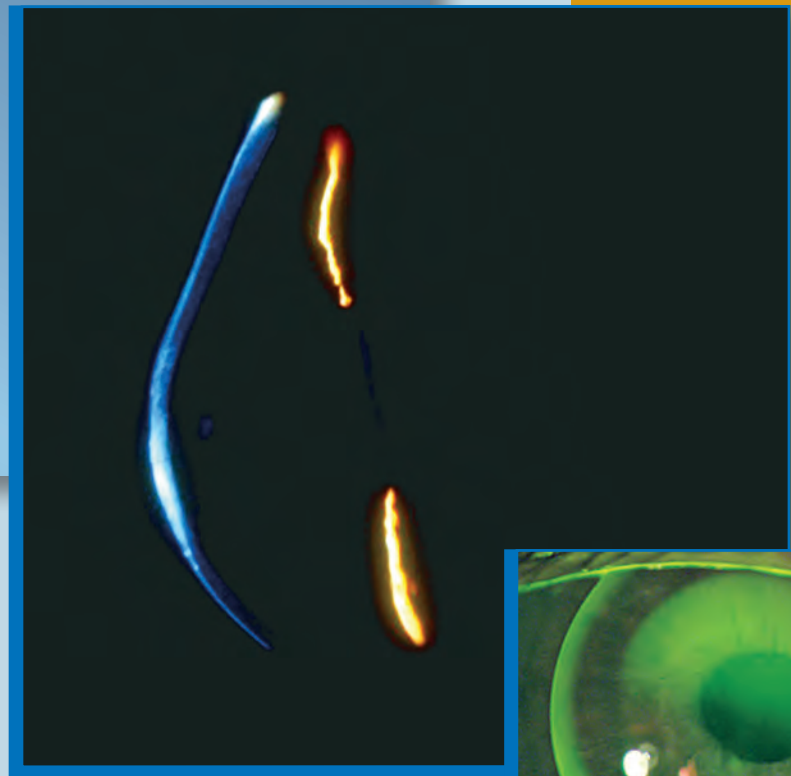
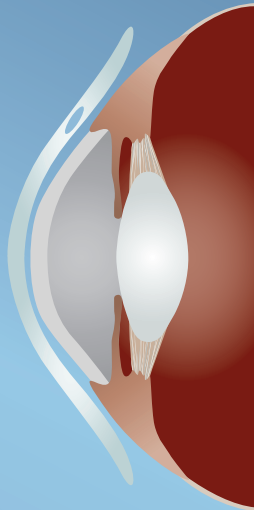


Коррекция кератоконуса ЖГП линзами



Centre for Contact Lens Research
School of Optometry
University of Waterloo, Canada

От редакции

Об этой книге

Кератоконус можно безопасно и эффективно корригировать с помощью газопроницаемых (ГП) контактных линз. Распознавать различные типы кератоконуса стало гораздо проще с использованием корнеотопографов и оптокогерентных топографов. Контроль качества подбора тоже упростился с использованием тех же приборов, позволяющих выбрать оптимальный тип линзы для данного типа конуса. Совершенствование средств производства и дизайна линз предоставляет в распоряжение специалистов огромное множество линз.

Это руководство призвано помочь специалистам в выборе наилучшего дизайна линз на основании стандартных и новейших методик измерения кривизны роговицы, которые могут применяться в работе с пациентами с кератоконусом. Готовя это руководство, мы хотели показать, как просто и эффективно помочь пациентам с кератоконусом.

Центр исследования контактных линз (CCLR)

Основанный в 1988 году, Центр исследования контактных линз при Школе оптометрии канадского Университета Ватерлоо сфокусировал свои усилия на изучении взаимодействия контактных линз и глаза. Множество видов выполняемых в Центре работ – от студенческих до серьезных научных, технических, клинических испытаний – стали результатом сотрудничества специалистов по контактной коррекции и компаний-производителей. Большую часть времени мы посвящаем также образовательным инициативам для специалистов.

С деятельностью Центра можно подробнее познакомиться на сайте:
<http://cclr.uwaterloo.ca>

Благодарности

Главный редактор

Desmond Fonn, MOptom, FAAO Director, Centre for Contact Lens Research Professor, School of Optometry University of Waterloo

Менеджер проекта

Bonnie Boshart, BBA
Business Development Coordinator
Centre for Contact Lens Research

Автор

Luigina Sorbara, OD, MSc, FAAO
Clinical Scientist, Centre for Contact Lens Research
Associate Professor, School of Optometry University of Waterloo

Редакторы

Craig Woods, PhD, FAAO
Research Manager, Centre for Contact Lens Research
Adjunct Associate Professor, School of Optometry
University of Waterloo
Alisa Sivak, MA Communications Coordinator Centre for Contact Lens Research

Соавторы

Katrin Müller
Aalen diploma student, School of Optometry University of Waterloo
Kristine Dalton
Contact Lens Resident and MSc student School of Optometry, University of Waterloo
Jalajah Varikooty
Clinical Scientist, Centre for Contact Lens Research
University of Waterloo
Jyotsna Maram
PhD student, School of Optometry University of Waterloo
Adam Keech
MSc student, School of Optometry University of Waterloo

Рецензенты

Hans Bleshey, BSc, PhD, MCOptom, FAAO Danish Contact Lens Consultants Skive, Denmark
Timothy B. Edrington, OD, MS
Professor, Southern California College of Optometry
Fullerton, CA, USA
Sergi Herrero
Diploma in Optics and Optometry Barcelona, Spain
Craig W. Norman, FCLSA
South Bend Clinic
South Bend, Indiana, USA
Philippe Seira, Dipl. Augenoptiker Lecturer at the University of Applied Sciences Northwestern Switzerland Olten, Switzerland
Jose L. Garrido Tundidor
Master of Optometry and Vision Sciences Diploma in Optics and Optometry Barcelona, Spain
Richard Wu, BSc, OD, PhD, FIOS, FIACLE
Taipai Professional Optometry Center Taiwan
Osbert Chan, PhD Hong Kong
Osbert Chan, PhD
Hong Kong

Дизайн

Christina Englund
Senior Graphic Designer
Boston Products Group
Bausch & Lomb Incorporated

Содержание

1. Введение	7
Эпидемиология кератоконуса	7
Сопутствующие заболевания	7
Методы коррекции кератоконуса	7
Контактные линзы	7
Очковые линзы	8
2. Классификация кератоконуса	9
Топография роговицы	9
Виды кератоконуса	9
Прогрессирование болезни (толщина роговицы)	10
3. Диагноз и признаки	12
История и симптомы	12
Биомикроскопия с помощью щелевой лампы	12
Офтальмоскопия и ретиноскопия	12
Топография, кератометрия и пахиметрия	13
Рефракция и зрение	14
Дифференциальная диагностика	14
4. Методы коррекции с помощью контактных линз	15
Корнеальные газопроницаемые (ГП) контактные линзы	15
Корнео-склеральные и полусклеральные ГП контактные линзы	16
Мини-склеральные и склеральные ГП контактные линзы	17
Комбинированные дизайны (piggyback дизайны)	17
Мягкие контактные линзы	18
5. Дизайны линз	19
Корнеальные контактные линзы	19
Сферические линзы с несколькими радиусами кривизны	19
Сферический центр и сферическая периферия	19
Сферический центр и асферическая периферия	20
Асферические контактные линзы	20
Полу- и минисклеральные контактные линзы	20
Линзы piggyback	20
6. Подбор линз	21
Выбор правильного дизайна линзы	21
Общие положения	21
Выбор радиуса задней оптической зоны (BOZR)	21
Подбор оптической силы	23
Процедура подбора: выбор соответствующего BOZD и TD	23
Подбор линз маленького диаметра (от 8,5 до 9,3 мм)	24
Подбор линз среднего диаметра (от 9,4 до 9,9 мм)	24
Подбор корнеальных линз с большим TD (от 10,0 до 12,8 мм)	

и корнео-склеральных линз (от 12,9 мм до 13,5 мм)	25
Подбор полусклеральных линз (от 13,6 до 14,9 мм TD)	
и мини-склеральных линз (от 15,0 до 18,0 мм TD)	25
Дизайн периферии линзы	27
Определение аксиального подъема края линзы (AEL)	27
Торические и неодинаковые периферии	28
Оценка подходящей посадки	28
Картина флюоресцеинового прокрашивания	28
Касание в трех точках (распределенная поддержка)	28
Вершинное касание	29
Вершинный зазор	29
Идеальный аксиальный зазор края	29
Минимальный зазор края	29
Чрезмерный зазор края	30
Центрирование и движение линзы	30
Овер-рефракция	30
Флюоресцеиновые имитации топографических карт	30
7. Врачебное наблюдение и стратегии лечения	31
Процедуры наблюдения и посещение врача	31
Осложнения, требующие изменения параметров линз	32
Изменение дизайна линзы	33
Изменить BOZR	33
Изменение BOZD	33
Изменение TD	33
Изменение AEL	33
Секторальное изменение AEL	33
Изменение толщины в центре	33
Изменение силы линзы	34
Повторный подбор с другой линзой и/или дизайном	34
От сферического к асферическому BOZD	34
От сферической периферии линзы к асферической	34
От фиксированного BOZD к плавающему BOZD	34
От корнеальных линз к полусклеральным дизайнам	34
8. Осложнения	35
Прокрашивание роговицы	35
Токсичное прокрашивание роговицы	35
Трех- и девятичасовое прокрашивание	35
Частичное или линейное прокрашивание,	
вызванное повреждением или инородным телом	35
Вершинное прокрашивание	35
Вуалевидное прокрашивание	36
Зрение	36
Децентрирование линзы	36
Вдавливание роговицы	36
9. Литература	37
Приложение А: Этиология и генетика	41

Приложение В: Хирургическая коррекция кератоконуса	42
Сквозная кератопластика (по всей толщине)	42
Ламеллярная кератопластика (послойная)	42
Глубокая ламеллярная кератопластика	42
Ламеллярная кератопластика с лоскутами разной толщины	42
Интраламеллярная кератопластика	42
Имплантация интрастромальных колец (INTACS)	43
Кросслинкинг	43
Приложение С: Диагностика кератоконуса с помощью кератопографа Orbscan II	44
Приложение D: Подбор полу- и минисклеральных линз	45
Подбор центрального сагиттального подъема	45
Подбор средне-периферической или лимбальной зоны	45
Подбор склеральной зоны	45
Приложение E: Примеры подбора	46
Пример подбора: центральный или сосцевидный конус (ранняя стадия)	48
Пример подбора: овальный конус (тяжелая стадия)	49
Приложение F: Таблица взаимного пересчета кератометрических данных	52
Приложение G: Таблица соответствия различных систем измерения остроты зрения	53

1. Введение

Эпидемиология кератоконуса

Кератоконус — это прогрессирующая, обычно асимметричная, невоспалительная осевая эктазия роговицы (рис. 1). В 96% случаев — это двухстороннее заболевание, развивающееся асимметрично; чаще всего через пять лет оно регистрируется и на втором глазу. Характер течения заболевания очень разнообразен, классически кератоконус возникает до 30-35 лет, прогрессируя в течение 10-15 лет, пока не исполнится 40-50 лет. После возникновения кератоконуса следует период относительной стабилизации или очень медленного прогрессирования, во время которого могут быть периоды более быстрого прогрессирования. Результат прогрессирования также бывает разным: тяжесть заболевания в период стабилизации может варьировать от слабого нерегулярного астигматизма, корригируемого с помощью очков или контактных линз, до серьезных нарушений — истончения, выпячивания и рубцевания, при которых требуется кератопластика или другие хирургические методы лечения.



Рис. 1. Профиль кератоконусной роговицы

Первоначально роговица пациента имеет либо сферическую форму, либо обладает правильным астигматизмом. Развитие кератоконуса на начальной стадии характеризуется истончением стромы в центре роговицы и вершинным выпячиванием, которое приводит к увеличению кривизны роговицы (уменьшению ее радиуса кривизны) и рубцеванию различной степени. Истонченная вершина проседает, приводя к нерегулярному астигматизму, вызывающему заметное ухудшение качества зрения.

Частота кератоконуса составляет от 50 до 230 случаев на 100 тысяч, другими словами, он возникает примерно у 1 из 2000 человек. По разным оценкам, распространенность кератоконуса находится в пределах от 0,05% до 0,6% от численности населения. В приложении А (все приложения будут опубликованы в последующих номерах журнала) рассматривается этиология и генетика кератоконуса.

Сопутствующие заболевания

Кератоконус — чаще всего изолированное заболевание, несмотря на имеющиеся свидетельства, что он сопутствует другим заболеваниям, таким, например, как синдром Дауна (трисомия по 21-й хромосоме увеличивает частоту кератоконуса в 50-300 раз), синдром Элерса-Данлоса, несовершенный остеогенез, пролапс митрального клапана, а также возникает у пациентов с atopическими заболеваниями. Он также может быть индуцирован различными травмами глаза, возникающими, например, в результате ношения контактных линз или чрезмерного трения глаз руками.

Методы коррекции кератоконуса

Контактные линзы

Чтобы обеспечить оптимальное зрение при кератоконусе, пациентам в конце концов почти во всех случаях приходится носить контактные линзы (рис. 2). Примерно 10-26% пациентов в конечном счете потребуются хирургическое лечение. Возможно, что использование контактных линз на глазу с кератоконусом может привести к рубцеванию роговицы. Однако очевидные факты указывают на то, что рубцы могут появиться как при ношении контактных линз, так и без их использования. Прогноз при данном состоянии невозможен, его прогрессирование может быть различным; рекомендуется ежегодная или более частая проверка зрения. Болезнь не приводит к слепоте, но ухудшает качество жизни, хотя пациенты с кератоконусом обычно могут водить машину и читать в течение большей части периода развития заболевания.

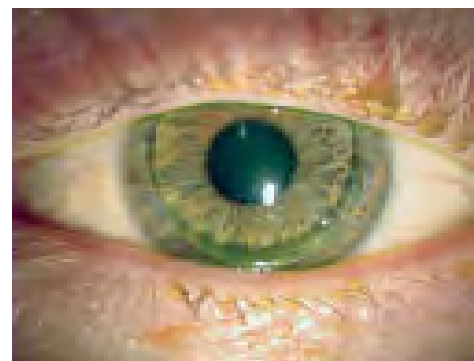


Рис. 2. Контактная линза на глазу с кератоконусом

Большинство пациентов с кератоконусом (74% глаз) могут обойтись без хирургического лечения, в то время как у остальных пациентов с кератоконусом (26%) должна быть выполнена кератопластика.

Очковые линзы

При прогрессировании кератоконуса увеличивается степень нерегулярного астигматизма из-за нарушений, вызванных растяжением роговицы, т.к. она становится эктазированной. Индуцированный кератоконусом астигматизм имеет нерегулярный характер (т.е. роговица имеет несколько фокусов), что затрудняет достижение приемлемой рефракции, как с объективной точки зрения, так и с субъективной. Поэтому назначение очков менее эффективно и не позволяет добиться удовлетворительных оптических результатов, особенно на более поздних стадиях развития кератоконуса.

Кроме того, хотя кератоконус — билатеральное заболевание, на одном глазу оно обычно прогрессирует быстрее. Вызванная этим анизометропия становится причиной непереносимости очков из-за разницы в степени увеличения изображений очковыми линзами для двух глаз.

Так как подбор очков становится все более затруднительным при ухудшении состояния, приходится полагаться, в основном, на контактные линзы. С другой стороны, очки все же должны быть подобраны, чтобы их можно было носить в те дни, когда контактные линзы будут непереносимы. Для пресбиопов следует также подобрать очки для чтения, чтобы они их использовали, не снимая контактные линзы.

Хирургическая коррекция кератоконуса обсуждается в Приложении В.

Crews et al. (1994) пришли к заключению, что у большинства пациентов (53%) кератоконус лучше всего корригируется контактными линзами, а у оставшихся пациентов с кератоконусом средней степени (21%) очковой коррекцией или без коррекции совсем, по крайней мере, на одном глазу.

2. Классификация кератоконуса

Топография роговицы

Один из важнейших инструментов для диагностики и наблюдения за кератоконусом – это видеокератотография (VKE). Распространенной ошибкой при выявлении кератоконуса является использование осевого (сагиттального) вместо локального (тангенциального) радиуса кривизны. Сагиттальные размеры характеризуют зрительную оптику роговицы, тогда как тангенциальные – физическую форму роговицы. Использование осевого радиуса в видеокератотографии искажает реальное положение и оптическую силу вершины, расположенной на периферии роговицы, т.к. он относится к оси VKE. Рисунки 3а и 3б показывают разницу между осевой и тангенциальной картами VKE.

При кератоконусе искажения еще больше усиливаются, радиус более крутых зон вне центра карты занижается, а радиус более плоских областей на периферии завышается. Использование тангенциальной карты позволяет более точно определить размер

и положение конуса благодаря пересчету осевых данных, которые относятся к расположенным рядом кольцам, а не к оси VKE. Использование карты высот роговицы четко указывает на наличие и местоположение конуса. Но без радиуса кривизны эти данные бесполезны для подбора контактных линз. Использование для оценки и лечения кератоконуса топографа Orbscan II, который измеряет высоту и радиус кривизны роговицы, обсуждается в Приложении С.

Виды кератоконуса

Топография роговицы может помочь определить степень тяжести и тип или форму кератоконуса. Классификация кератоконуса может быть основана на степени кривизны кератоконуса, т.е. на средних кератометрических показаниях корнеотопографа в центральной зоне. Обычно по степени тяжести кератоконус классифицируется следующим образом. Если среднее значение меньше 50,00D (6,75 мм), то счи-

Осевая (сагиттальная) карта	Локальная (тангенциальная) карта
Показывает площадь оптического влияния на зрение, но не реальный размер и форму конуса.	Показывает, где расположен конус, определяя клиническую картину формы роговицы.
Определяет средний показатель оптической силы роговицы, занижая оптическую силу крутых участков и завышая силу более плоских участков на периферии.	Пересчитывает радиусы роговицы, не используя осевой радиус, изображая участки с большей кривизной более крутыми, а с меньшей – более плоскими.

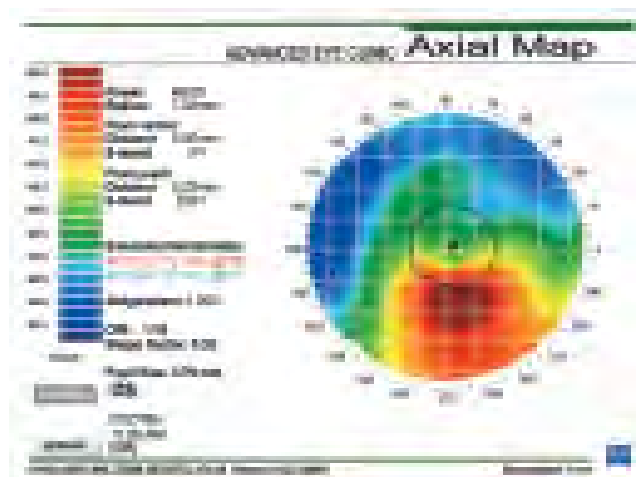


Рис. 3а. Осевая карта кривизны роговицы

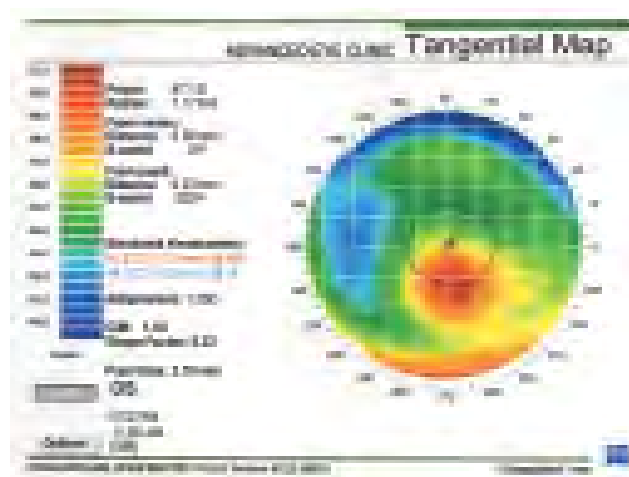


Рис. 3б. Тангенциальная карта кривизны роговицы

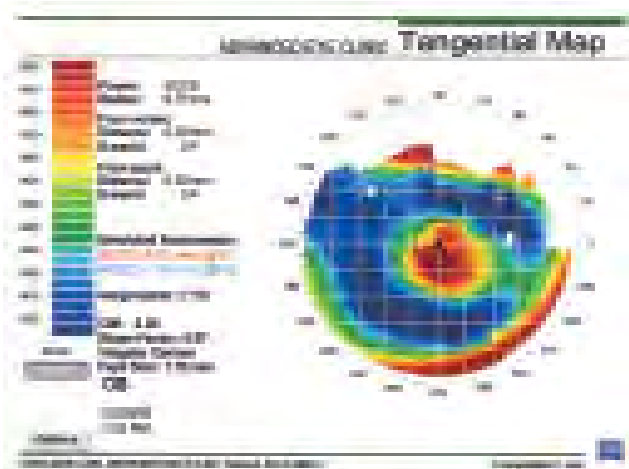


Рис. 4а. Центральный конус, топографическая карта

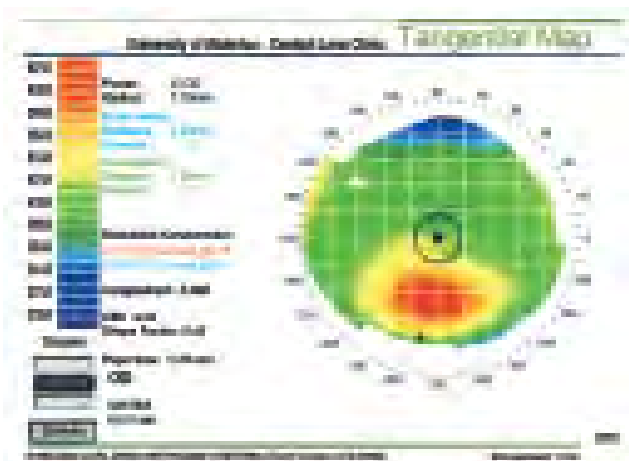


Рис. 5b. Овальный конус, топографическая карта

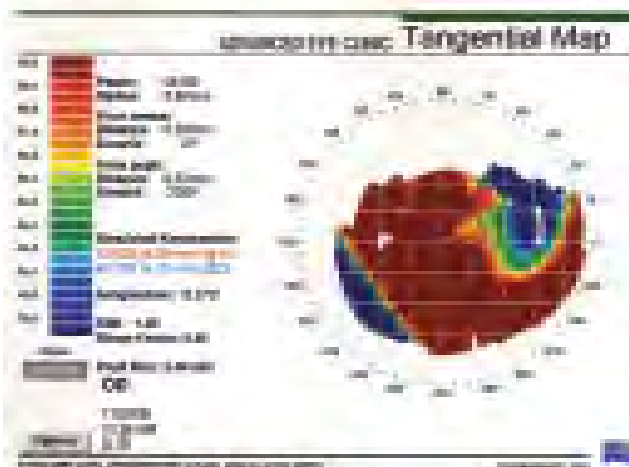


Рис. 6с. Конус, имеющий форму глобуса, топографическая карта

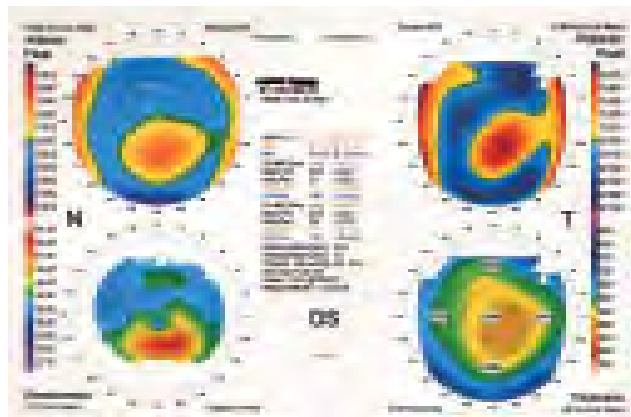


Рис. 7а. Пеллюцидная краевая дегенерация (PMD), топографическая карта (наблюдается неправильный астигматизм)

тается, что это начальная стадия кератоконуса, если среднее значение лежит в диапазоне от 50,00D до 56,00D (от 6,75 до 6,03 мм), то стадия кератоконуса считается выраженной, при значениях больше 56,00D (6,03 мм) имеем тяжелую стадию кератоконуса.

Кроме того, обычно определяют локализацию или форму конуса. Например, сосцевидная форма или центральный тип, овальный, нижний височный или назальный тип, глобус или генерализованный тип (рисунки 4а, 5b и 6с). Другое состояние или разновидность кератоконуса – это пеллюцидная краевая дегенерация (PMD), когда истончение и конус возникают ближе к лимбу (рис. 7а), чем при овальной форме кератоконуса, и это индуцирует неправильный астигматизм, являющийся характерным признаком этой разновидности кератоконуса. Это состояние на карте часто наблюдается как «бабочка» или «целующиеся голубки».

Прогрессирование болезни (толщина роговицы)

При прогрессировании кератоконуса происходит истончение центральной части роговицы, в основном, в строме и очень часто в эпителии, что приводит к образованию конической формы роговицы. Методы пахиметрии, измеряющие топографическую толщину роговицы, включают:

- технику щелевого сканирования (Orbscan II, Bausch + Lomb, NY), рис. 8а
- ротационную топографию Scheimpflug (Pentacam, Oculus, Германия), рис. 8b
- оптическую когерентную томографию (Visante OCT, Zeiss Meditec, CA), рис. 8с
- ультразвуковую пахиметрию (установка Artemis, UltraLink, LLC), рис. 8d

Эти относительно новые аппараты предлагают топографические изображения роговицы, позволяющие определить ее толщину в любой точке

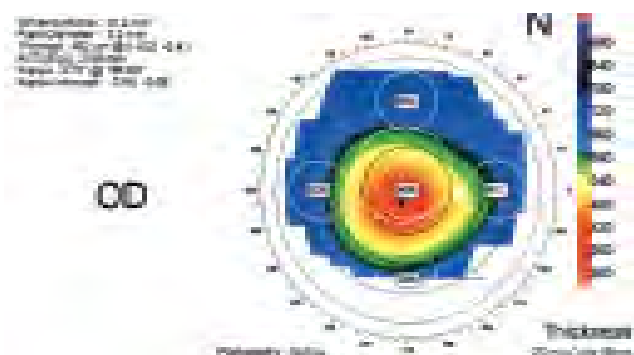


Рис. 8а. Пахиметрическая карта с использованием Orbscan II

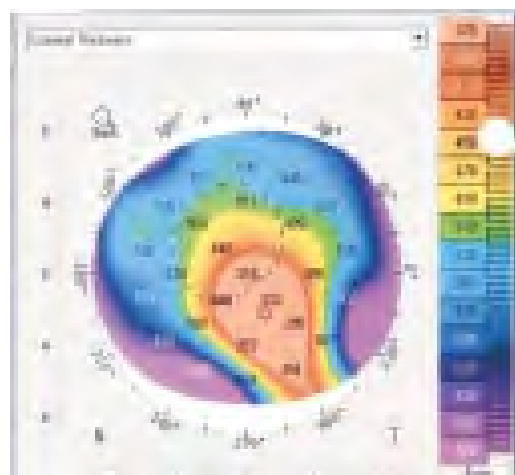


Рис. 8б. Пахиметрическая карта с использованием Pentacam

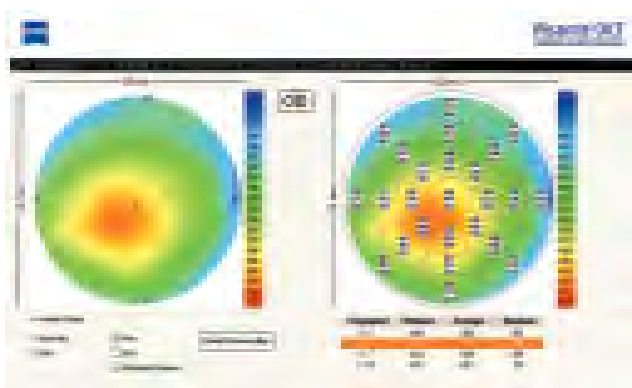


Рис. 8с. Пахиметрическая карта с использованием Visante OCT



Рис. 8д. Оптокогерентный томограф (ОСТ)

Исследования, использующие новейшие технологии, такие как оптокогерентный томограф ОСТ, показывают, что разница в толщине роговицы между здоровым глазом и глазом с кератоконусом лежит в диапазоне от 89 мкм до 109 мкм. Хотя пациенты с кератоконусом могут иметь толщину роговицы на вершине конуса в пределах нормы, в одном исследовании было показано, что средняя минимальная толщина в центре была 540 ± 30 мкм для нормального глаза и 443 ± 64 мкм для глаза с кератоконусом.

вдоль любого меридиана, включая самую тонкую часть роговицы.

Измерение топографической толщины дает возможность тщательно следить за прогрессированием заболевания, т.к. позволяет проводить измерения в одних и тех же точках и участках с течением времени. Новый высокоточный спектральный оптокогерентный томограф (ОСТ) позво-

ляет еще больше увеличить разрешение изображений, что дает более точное измерение толщины эпителия и полной толщины роговицы. Хотя нет способов классификации степени тяжести кератоконуса на основе толщины роговицы, существует значительная разница в толщине роговицы между нормальным глазом и глазом с кератоконусом (все типы и уровни степени тяжести собраны вместе).

Считается, что толщина роговицы менее 300 мкм является основанием для рассмотрения вопроса о хирургическом вмешательстве.

3. Диагноз и признаки

История и симптомы

Обычно кератоконус у пациента диагностируют в юности или до тридцати - тридцати пяти лет. Типичные симптомы – нечеткость или размытость изображения, особенно при плохом освещении (например, во время вождения или при просмотре телевизора в темной комнате).

Симптомы и признаки кератоконуса:

- заметное или значительное снижение остроты зрения в очках при высокой и низкой контрастности, как при зрении вблизи, так и вдаль
- изменение остроты зрения, начиная с пубертатного периода и до достижения пациентом 30-40 лет (но и более позднее развитие болезни также возможно)
- монокулярная диплопия и появление ложных изображений
- аномальная контрастная чувствительность
- симптомы сухого глаза и раздражения глаз
- частое потирание глаза в анамнезе
- атопические болезни в анамнезе
- системные заболевания в анамнезе, которые могут быть связаны с кератоконусом

Биомикроскопия с помощью щелевой лампы

Биомикроскопические признаки, указывающие на заболевание:

- проминирующие нервы роговицы
- стрии Фогта, линии напряжения в задней части стромы или на десцеметовой мембране, исчезающие при точечном надавливании на глазное яблоко (рис.9)
- кольцо Флейшера (кольцевидное отложение железа в эпителиальном слое), возникающее на стыке истончения и более толстой незатронутой области роговицы (рис.10)
- верхнее эпителиальное и субэпителиальное рубцевание роговицы (рис.11)
- выпячивание нижнего века при взгляде вниз (симптом Мансона) (рис.12)
- гидропс роговицы (в поздней стадии), полное нарушение функции эндотелия, вызванное острым отеком эпителия роговицы, с рубцеванием стромы (рис.13)

Офтальмоскопия и ретиноскопия

Следующие симптомы могут появляться в начале прогрессирования заболевания и помогут при ранней диагностике кератоконуса:

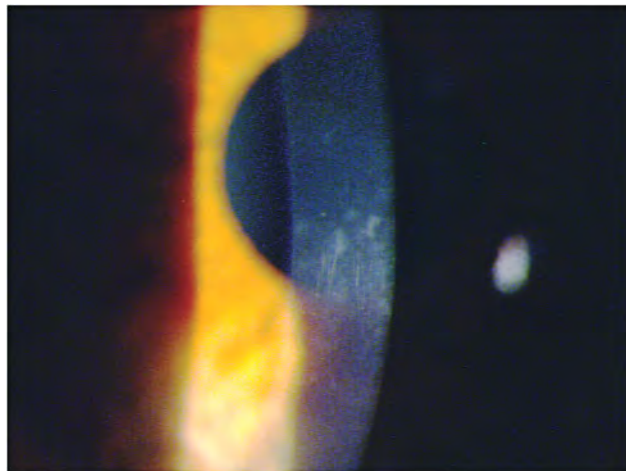


Рис. 9. Стрии Фогта

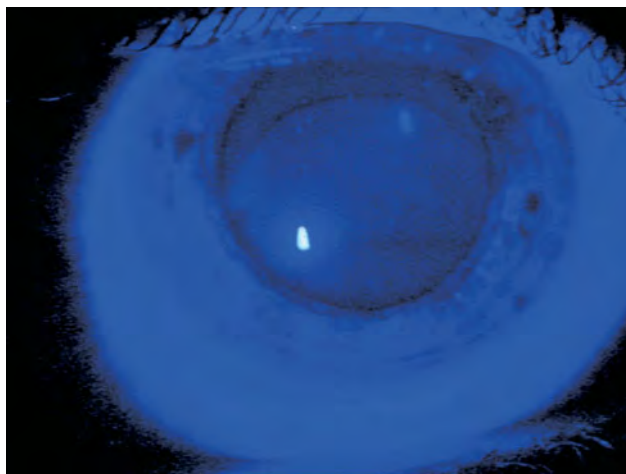


Рис. 10. Кольцо Флейшера

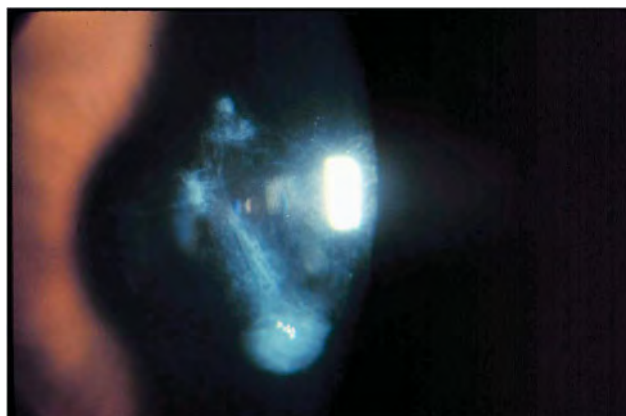


Рис. 11. Рубцевание роговицы

- визуализация конуса в красном рефлекс в области зрачка (симптом масляной капли Шарло/*Charleaux's oil droplet sign*)
- нерегулярный или разорванный скиаскопический рефлекс
- изменение положения оси цилиндра, определенного при начальной коррекции астигматизма, и в дальнейшем изменение силы цилиндра
- миопия или нерегулярный астигматизм (обычно прямого типа или с косыми осями)
- тенденция к гиперметропии и астигматизму обратного типа при пеллюцидной краевой дегенерации (PMD).

Топография, кератометрия и пахиметрия

Определение типа конуса и размера с помощью видео-кератоскопии (ВКЕ)

Сосцевидный или центральный конус – небольшая парацентральная аномалия, обычно меньше 5 мм в диаметре. По мере прогрессирования конус становится круче и меньше, как это можно увидеть на кератотопограммах на рис. 14а и 14б.

Овальный (в горизонтальном меридиане) конус, центр вершины смещен относительно зрительной оси в нижний, обычно темпоральный (височный), квадрант, и диаметр основания конуса составляет примерно 5-6 мм. В процессе прогрессирования конус все больше удаляется от центра и увеличивается в диаметре, становясь круче (рис.15а, 15б и 15с).

Шаровидный конус – самый большой из всех трех типов конусов, часто он занимает три четверти поверхности роговицы (рис.16).

Прогрессирование конуса

По мере прогрессирования центрального или сосцевидного конуса его вершина и центральная часть истончаются, приводя к большему искажению кератометрических меток и неортогональному астигматизму прямого типа или с косыми осями.

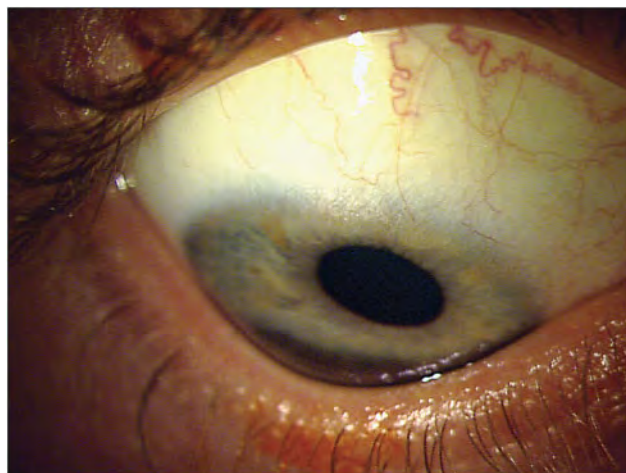


Рис. 12. Симптом Мансона

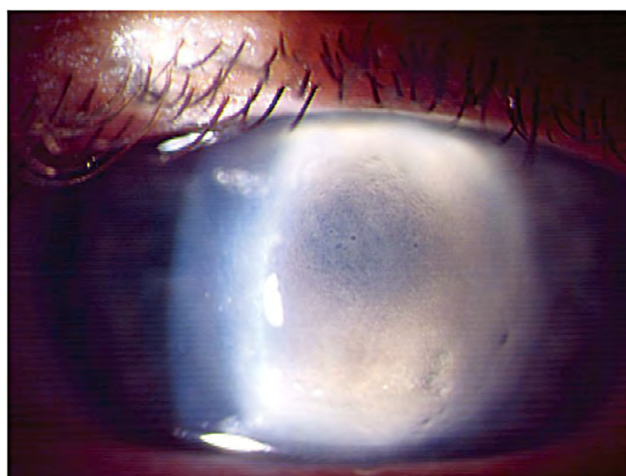


Рис. 13. Гидропс роговицы

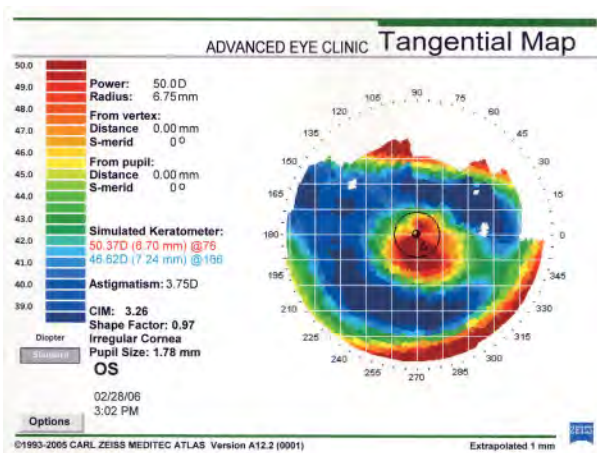


Рис. 14а. Ранний центральный конус, топографическая карта

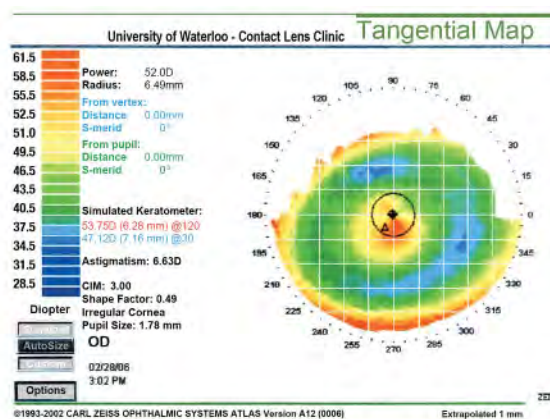


Рис. 14 б. Развитый центральный конус, топографическая карта

ми. В обоих случаях наблюдается интерокулярная асимметрия (рис.15а, 15b и 15с). В случае пеллюцидной краевой дегенерации (PMD) конус истончается в нижней части и провисает в нижней части лимба, вызывая неортогональный астигматизм обратного типа (рис.7а).

Рефракция и зрение

Миопия и астигматизм усиливаются с прогрессированием как центрального, так и овального конусов: от -1,00 D до -10,00 D и выше (сила сферы и цилиндра); при этом уменьшается возможность добиться приемлемой остроты зрения с коррекцией очками.

Сообщалось также об увеличении астигматизма обратного типа до -20,00 D при пеллюцидной краевой дегенерации (PMD) из-за выраженного «укручения» в нижней части. У пациента усиливается гиперметропия из-за более сильного уплощения роговицы над областью зрачка. Приемлемая острота зрения в очках в условиях высокой и низкой контрастности также уменьшается с прогрессированием кератоконуса: обычно от 0,8 до 0,25 и ниже.

Дифференциальная диагностика

Важно дифференцировать тип конуса и состояние (т.е. центральный или овальный кератоконус, или пеллюцидная краевая дегенерация), чтобы правильно поставить диагноз пациенту относительно дальнейшего развития заболевания и определить тип лечения: хирургический или нехирургический.

Для более эффективного подбора контактных линз (включая параметры и дизайн линзы) необходимо определить тип и размер конуса.

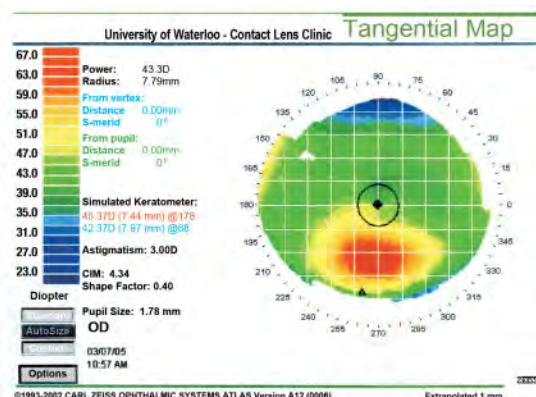


Рис. 15а. Ранний овальный конус, топографическая карта

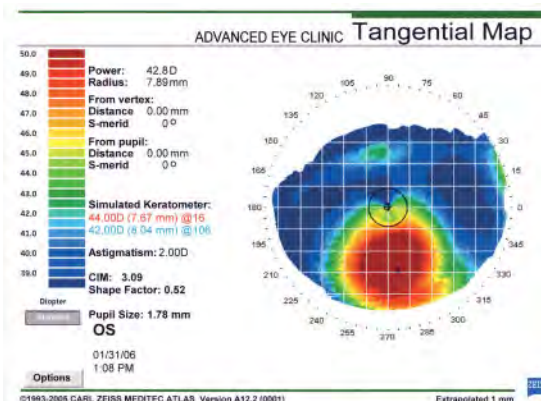


Рис. 15b. Умеренный овальный конус, топографическая карта

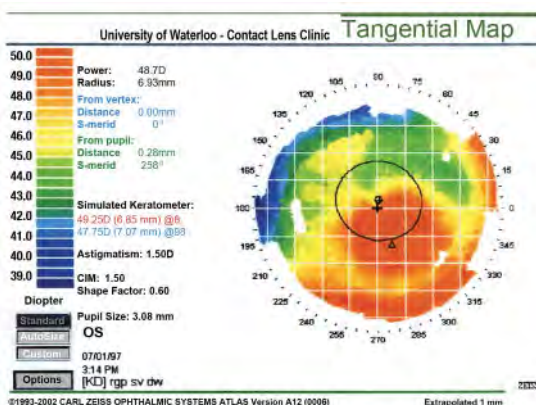


Рис. 15с. Развитый овальный конус, топографическая карта

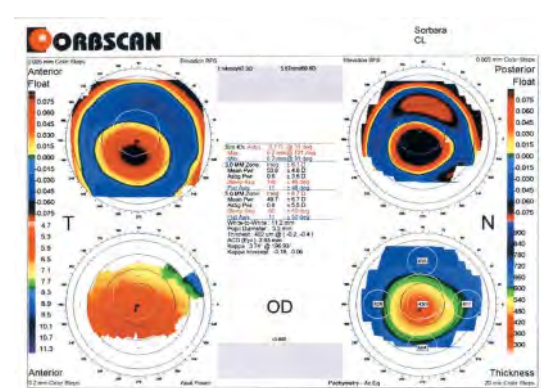


Рис. 16. Конус, имеющий форму шара, топографическая карта

4. Методы коррекции с помощью контактных линз

Корнеальные газопроницаемые (ГП) контактные линзы

Линзы с диаметрами (TD – общий диаметр) от 8,0 мм до 12,8 мм считаются корнеальными линзами. При увеличении диаметра конуса должны возрастать также диаметр задней оптической зоны (BOZD), радиус базовой кривизны и диаметр линзы, чтобы обеспечить более точное соответствие между кривизной конуса и кривизной задней оптической зоны, как показано стрелками на линзах и топографических картах (см. рисунки). Достичь соответствия между этими параметрами можно с помощью корнеального топографа, линии сетки которого могут использоваться для измерения размера, положения и площади конуса. Для более точного подбора этих контактных линз очень важна информация от вашей лаборатории, включая знание диаметра задней оптической зоны и понимание того, изменяется ли диаметр оптической зоны вместе с радиусом задней оптической зоны контактной линзы (плавающий BOZD) или же остается постоянным (фиксированный BOZD), изменяясь только, когда изменяется диаметр линзы (рис.17-25). См. таблицы 1 и 2 (в следующей публикации).

Если оптическая зона слишком большая по сравнению с диаметром конуса, кривизна контактной линзы больше кривизны конуса, и тогда образующийся между конусом и линзой большой зазор будет приводить к возникновению пузырьков в слезной пленке под линзой. Эти условия могут повлиять на качество зрения. Если же оптическая зона слишком маленькая, то кривизна контактной линзы будет меньше, чем кривизна конуса, обнажая линзу на конусе и приводя к тому, что линза на роговице будет нестабильна и децентрирована (рис.21). После расчета BOZD и TD общий дизайн линзы должен гарантировать, что радиус задней оптической зоны (BOZR) обеспечивает мягкое трехточечное касание или распределяет поддержку линзы по все-

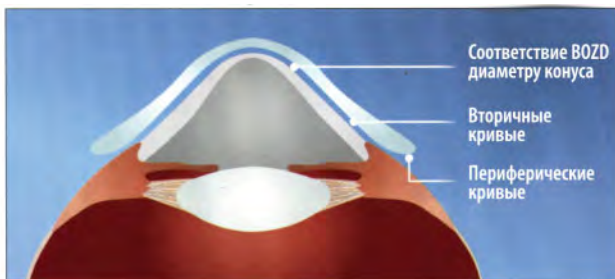


Рис. 21. Иллюстрация соответствия BOZD и диаметра конуса

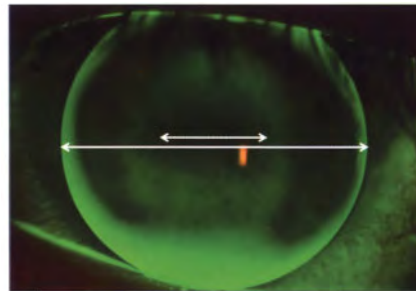


Рис. 17. Центральный конус (плавающий BOZD)

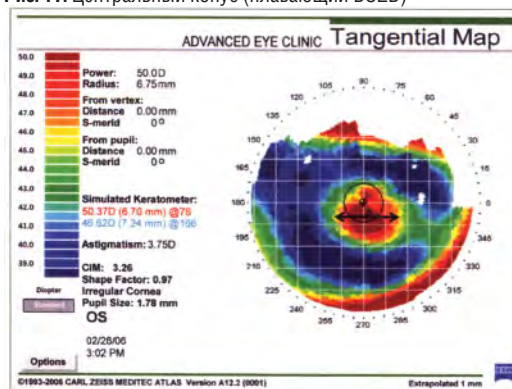


Рис. 18. Топография центрального конуса

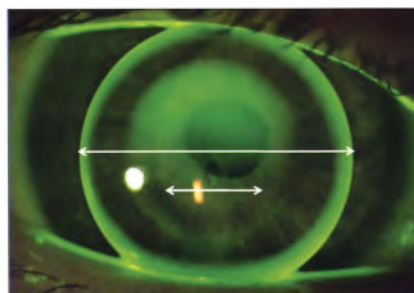


Рис. 19. Ранний овальный конус (фиксированный BOZD)

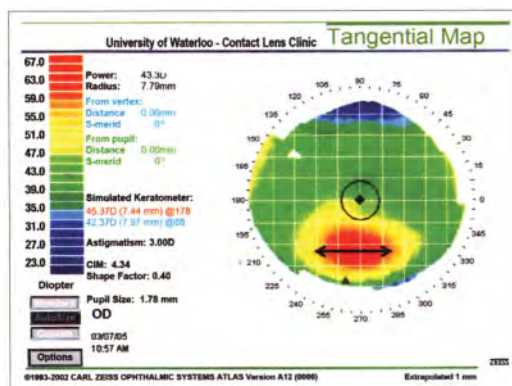


Рис. 20. Ранний овальный конус

му конусу (рисунки 17-25). См. таблицы 1 и 2 (в следующей публикации).

Периферическую зону линзы нужно сделать более плоской, чем периферия роговицы, это обеспечит осевой подъем края, который будет намного выше, чем подъем линзы, разработанной для обычного глаза со средним значением эксцентриситета (от 0,5 до 0,6). Значения эксцентриситета для кератоконусного глаза лежат в диапазоне от 0,65 до 1,0 и больше в запущенных случаях.

Корнео-склеральные и полусклеральные ГП контактные линзы

После появления материалов ГП линз со сверхвысокими Dk врачи стали более уверенно назначать линзы большего диаметра. Линзы диаметром от 12,9 мм до 13,5 мм можно считать корнео-склеральными линзами, а диаметром от 13,5 мм до 14,9 мм – полусклеральными линзами.

При подборе необходимо рассматривать три области линзы, которые можно подгонять независимо друг от друга:

- корнеальная область (BOZD/BOZR)
- средне-периферическая область над корнео-склеральным переходом
- склерально-конъюнктивальная область

Корнео-склеральные линзы подбираются с небольшим вершинным зазором или с выравниваем по центру, зазором над корнео-склеральным переходом и выравниванием в склерально-корнеальной зоне. Полусклеральные линзы подбираются похожим образом, но для них должен быть больше вершинный зазор, чтобы вызвать движение слезы под линзой («слезный насос»).

Топографические карты роговицы (рис. 24, 25) показывают очень большие и искаженные конусы (кератоглобус), которые могут смещаться книзу (пеллюцидная краевая дегенерация) или быть неправильной формы (сплюсненные, как с РКР); для любого из этих случаев подойдут очень большие BOZD, которые имеются у этих линз.



Рис. 26. Склеральный дизайн (схематически)

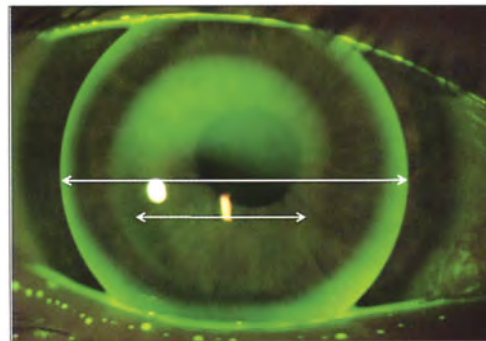


Рис. 22. Умеренный овальный конус (фиксированный BOZD)

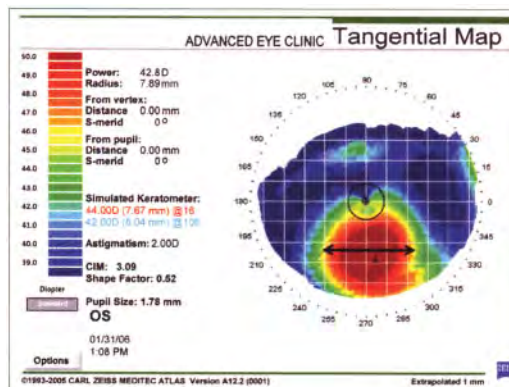


Рис. 23. Топография умеренного овального конуса

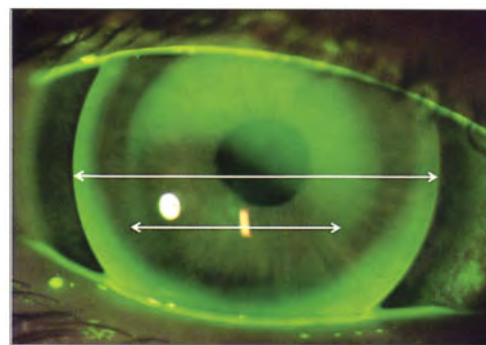


Рис. 24. Развитый овальный конус (фиксированный BOZD)

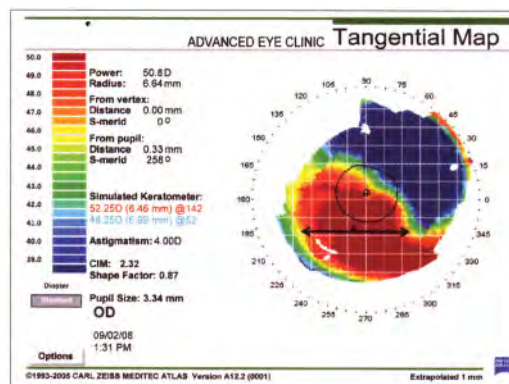


Рис. 25. Топография развитого овального конуса

Мини-склеральные и склеральные ГП контактные линзы

Линзы диаметром от 15,0 мм до 18,0 мм считаются мини-склеральными, а диаметром от 18,1 мм до 24 мм относятся к склеральным линзам. Подбор этих линз требует понимания формы корнео-склерального перехода и топографии склеры.

Недавнее введение пробных наборов и оптической когерентной топографии, как средств визуализации переднего сегмента глаза помогло в создании дизайна и подборе этих линз. Эти линзы разработаны таким образом, чтобы они были центрированы и находились на склеральной конъюнктиве и огибали роговицу, не касаясь конуса (рис. 26). Чтобы добиться этого при подборе, кривизна линзы должна быть больше кривизны роговицы. Поскольку под линзой удерживается слезная жидкость, то эти линзы кроме того, что они маскируют очень большую область нерегулярности роговицы, могут оказывать терапевтический эффект в случае сухого глаза (например, при болезни Шегрена). Эти линзы предоставляют преимущества при развитой стадии пеллюцидной краевой дегенерации, при развитом кератоглобусе и при смещении лоскута после сквозной кератопластики (или других послеоперационных осложнений), обеспечивая комфорт и лучшее качество зрения. Как и для дизайна полусклеральных линз каждая из трех зон этих линз должна рассматриваться индивидуально для успешного подбора этих дизайнов. Обмен слезной жидкости происходит благодаря выталкивающему эффекту, возникающему при скольжении верхнего века по поверхности контактной линзы, включая изгиб (положительное давление) центральной области линзы и отрицательное давление, когда периферия линзы толкает слезную жидкость под линзу (рис.27-28).

Комбинированные дизайны (piggyback дизайны)

Традиционная piggyback система состоит из комбинации подложки (диаметром от 8,0 до 9,8 мм), которая вытаскивается из гидрогелевой линзы, например, из линзы UltraVision KeraSoft (диаметром от 12,5 до 14,5 мм), и жесткой линзы, установленной на ней. Такая система имела преимущество в том, что линза центрирована над зрачком в умеренных и средних случаях овального конуса, и она улучшала комфорт, но у нее были и недостатки: содержание кислорода под двумя линзами снижалось до очень низкого уровня (рис.29-30b). С появлением силикон-гидрогелей вновь возродился интерес к комбинированной системе с использованием этих линз, и многие линзы применяются в такой комбинации (хотя только линзы Night&Day компании CIBA Vision, PureVision



Рис. 27. Склеральная линза, белый свет

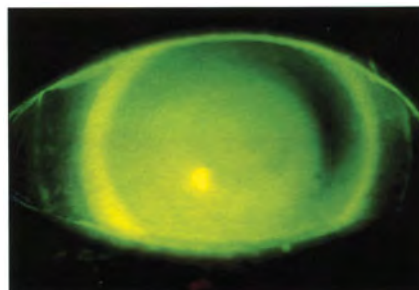


Рис. 28. Склеральная линза, прокрашивание флюоресцеином

Диаметр линзы	Классификация
8,0-12,8 мм	Корнеальная линза
12,9-13,5 мм	Корнео-склеральная
13,6-14,9 мм	Полу-склеральная
15,0-18,0 мм	Мини-склеральная
18,1-24,0 мм	Склеральная

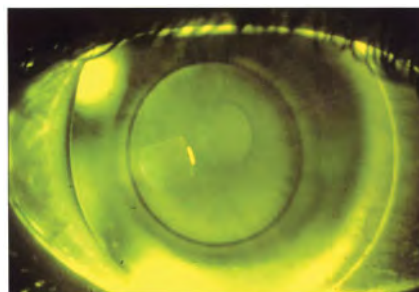


Рис. 29. Система piggyback (высокомолекулярный флюоресцеин)



Рис. 30а. Система piggyback (белый свет)

компании Bausch&Lomb и Oasys компании Johnson&Johnson имеют разрешение на терапевтическое использование). Эта комбинация помогает увеличить содержание кислорода под системой из двух линз от 34 mm Hg (PMMA линзы и линзы с низким содержанием воды) до 95 mm Hg (ЖГП и силикон-гидрогелевые линзы), что выражается в увеличении Dk/t до значения 39×10^{-9} (см/с) (мл O_2 x мм Hg), которое значительно превышает минимальный порог Dk/t , позволяющий избежать отека роговицы при дневном ношении (24×10^{-9} (см/с) (мл O_2 x мм Hg)).

Другие преимущества комбинированной системы с силикон-гидрогелями по сравнению с гидрогелями помимо улучшенного комфорта – это мягкое изменение контура роговицы и защита роговицы, когда присутствует хроническое истирание. Центрирование может быть достигнуто, только при положительной силе мягкой линзы, поскольку вытачивание подложки не применяется. Положительная сила (+0,50D) на мягкой линзе помогает центрированию, притягивая центральную зону ГП линзы к центру мягкой линзы. Из-за этого может потребоваться изменение периферии ГП линзы – увеличение аксиального подъема края, чтобы избежать прилипания к мягкой линзе.

Мягкие контактные линзы

Применение мягких контактных линз для коррекции зрения в случаях нерегулярной роговицы с неправильным астигматизмом ограничено. Возможность использования этих линз можно рассматривать, когда все остальные способы не удались, и пациент не может носить ГП линзы (что встречается все реже и реже с возрастающим использованием полу- и минисклеральных дизайнов ГП линз больших диаметров, которые опираются на зону вне лимба).

Сферические мягкие контактные линзы с очень большой толщиной в центре (0,3-0,5 мм) могут маскировать некоторую нерегулярность, но нужно принимать во внимание их низкий уровень пропускания кислорода и небольшую вероятность успеха. В качестве альтернативы рассмотрите использование линз с задней торической поверхностью (также с большой толщиной в центре, обусловленной призматической стабилизацией), которые можно заказать индивидуально с цилиндром до 11,0 D. В целом, дополнительная коррекция астигматическими очками необходима, чтобы компенсировать плохой оптический результат. Другая опция, которая может быть применена – это использование мягких линз с технологией волнового фронта для коррекции некоторых aberrаций высших порядков, при условии, что ротация и смещение линзы могут быть под контролем.

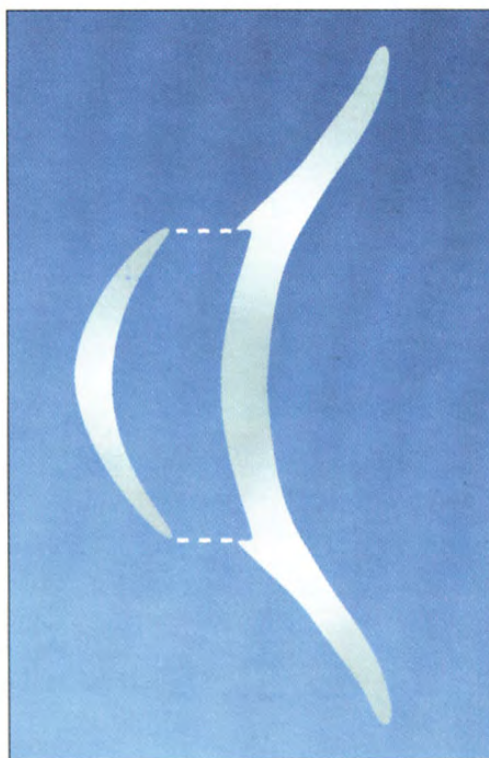


Рис. 30b. Система piggyback (схематически)

5. Дизайны линз

Корнеальные контактные линзы

Сферические линзы с несколькими радиусами кривизны

Сферический центр и сферическая периферия

Первые РММА линзы для кератоконуса имели дизайн Soreg с двумя радиусами кривизны. У них был маленький диаметр и фиксированная задняя оптическая зона с крутой центральной базовой кривой и плоской второй кривой (45,00D, 7,5 мм), чтобы соответствовать нормальной периферии роговицы. Сейчас Soreg можно изготовить из ЖГП материалов, а подбор линз осуществляется путем изменения центрального сагиттального подъема линзы до тех пор, пока не исчезнет вершинное касание или не образуется маленький пузырек.

Позднее стали использовать линзы McGuire с крутой центральной зоной и постепенным уплощением к периферии. Прогрессирующее уплощение достигается использованием пяти радиусов: четыре периферические кривые с 3, 6, 8 и 10D более плоские, чем базовая кривая линзы. Диаметр линзы выбирается в соответствии с размером конуса: чем больше его диаметр, тем больше диаметр линзы; т.е. от 8,1 мм для центрального или сосцевидного конуса до 8,6 мм для овального конуса.

Сегодня корнеальные линзы со сферическими кривыми могут быть разработаны с использованием программы аксиального подъема края контактной линзы с любым диаметром, диаметром задней оптической зоны и аксиальным подъемом края, образованным несколькими периферическими радиусами кривизны (Таблица 1, 2). Главное – получить достаточно высокий аксиальный подъем края линзы (выше, чем у обычных корнеальных дизайнов), чтобы обеспечить адекватный зазор для роговиц с более высоким эксцентриситетом. Диагностические дизайны линз доступны с фиксированными BOZD (для каждого BOZR); линзы можно заказать как с многорадиусной стандартной периферией, так и с более крутой или более плоской периферией. Также успешно подбираются линзы с плавающим BOZD как с многорадиусной периферией, так и с более крутой или более плоской периферией.

Таблица 1. Пример пробного набора линз с несколькими радиусами кривизны с фиксированным BOZD

	9.4 TD																	
BOZR	7.99	7.90	7.80	7.67	7.50	7.34	7.18	7.11	7.03	6.96	6.89	6.82	6.75	6.68	6.62	6.55	6.49	6.37
BOZD	7.40	7.40	7.40	7.40	7.40	7.40	7.40	7.40	7.40	7.40	7.40	7.40	7.40	7.40	7.40	7.40	7.40	7.40
SC1	9.30	9.20	9.10	9.00	8.90	8.80	7.98	7.91	7.83	7.76	7.69	7.62	7.55	7.48	7.42	7.50	7.40	7.30
SCW1	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
SC2	10.30	10.20	10.10	10.00	9.90	9.80	8.98	8.91	8.83	8.76	8.69	8.62	8.55	8.48	8.42	8.55	8.40	8.30
SCW2	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60
SC3	11.30	11.20	11.10	11.00	10.90	10.80	10.18	10.11	10.03	9.96	9.89	9.82	9.75	9.68	9.62	9.65	9.55	9.35
SCW3	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
PC	12.30	12.20	12.10	12.00	11.90	11.80	11.68	11.61	11.53	11.46	11.39	11.32	11.25	11.18	11.12	11.00	11.00	10.85
PCW	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40
AEL	0.186	0.191	0.198	0.208	0.225	0.241	0.222	0.228	0.236	0.243	0.250	0.257	0.265	0.274	0.282	0.302	0.307	0.326

Таблица 2. Пример пробного набора линз с несколькими радиусами кривизны с плавающим BOZD

	9.4 TD																	
BOZR	8.00	7.90	7.80	7.70	7.60	7.50	7.40	7.30	7.20	7.10	7.00	6.90	6.80	6.70	6.60	6.50	6.40	6.30
BOZD	7.00	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.00	5.00
SC1	9.00	8.90	8.80	8.70	8.60	8.50	8.40	8.30	8.20	8.10	8.00	7.90	7.80	7.70	7.60	7.50	7.40	7.30
SCW1	7.60	7.10	7.10	7.10	7.10	7.10	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	5.80	5.80
SC2	10.00	9.90	9.80	9.70	9.60	9.50	9.40	9.30	9.20	9.10	9.00	8.90	8.80	8.70	8.60	8.50	8.40	8.30
SCW2	8.20	7.70	7.70	7.70	7.70	7.70	7.40	7.40	7.40	7.40	7.40	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.90	6.90
SC3	11.00	10.90	10.80	10.70	10.60	10.50	10.40	10.30	10.20	10.10	10.00	9.90	9.80	9.70	9.60	9.50	9.40	9.30
SCW3	8.60	8.55	8.55	8.55	8.55	8.55	8.40	8.40	8.40	8.40	8.40	8.30	8.30	8.30	8.30	8.30	8.00	8.00
PC	12.00	11.90	11.80	11.70	11.60	11.50	11.40	11.30	11.20	11.10	11.00	10.90	10.80	10.70	10.60	10.50	10.40	10.30
PCW	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40
AEL	0.213	0.262	0.270	0.279	0.288	0.298	0.350	0.362	0.375	0.389	0.403	0.455	0.473	0.492	0.513	0.535	0.606	0.633

Сферический центр и асферическая периферия

С приходом новых технологий в производство ЖГП линз их дизайны изменились, и сейчас имеются линзы с асферической периферией. Эти дизайны предлагают преимущество сферической центральной оптической зоны и улучшенное прилегание на периферии роговицы. Эти дизайны также предоставляют больший аксиальный подъем края, как это может потребоваться для прогрессирующего кератоконуса. Центр линзы и периферия могут изменяться независимо друг от друга.

Асферические контактные линзы

Полностью асферические дизайны, при которых линза уплощается постепенно от центра к периферии, становятся все более доступными. Кроме того, некоторые дизайны предлагают контроль над аберрациями; переднюю поверхность линзы делают асферической для того, чтобы минимизировать сферические аберрации. Благодаря более плотному прилеганию к роговице, особенно в центральной зоне, эти линзы имеют более крутую посадку, чем сферические линзы с тем же BOZD. Некоторые дизайны линз позволяют иметь значение эксцентриситета асферической задней поверхности, которое вы хотели бы получить. Хотя оптическая зона и периферия линзы могут подбираться независимо друг от друга, в лаборатории BOZR и оптическая сила линзы будут согласованы, когда периферия линзы делается более крутой или более плоской путем увеличения или уменьшения сагиттального подъема линзы. Кроме линз с фиксированным BOZD некоторые линзы разработаны с плавающим BOZD, при котором по мере укрупнения базовой кривизны линз BOZD уменьшается, что упрощает повторный подбор линз при прогрессировании конуса центрального типа.

Полу- и минисклеральные контактные линзы

Дизайны полу- и минисклеральных линз стали активно разрабатываться с появлением материалов для ЖГП линз с очень высоким Dk, обеспечивающих более свободное поступление кислорода к роговице. Эти линзы разработаны так, чтобы опираться на склеру, и на их задней поверхности располагается несколько оптических зон сферического дизайна. Некоторые из таких линз имеют асферический дизайн на передней поверхности, чтобы уменьшить сферические аберрации. Их дизайн может быть с пятью радиусами кривизны, причем базовая кривая и первая периферическая кривая лежат в корнеальной зоне, а следующая периферическая кривая проходит над областью лимба, и последние две периферические кривые касаются склеры. Более подробное обсуждение этих линз можно найти в Приложении D.

Линзы piggyback

Для системы piggyback обычно используются силикон-гидрогелевые линзы с самой крутой базовой кривой. Если линза слишком плоская, то на краю линзы могут образовываться “волны”, а у слишком крутой линзы могут появиться пузырьки над лимбом. Хотя более жесткая линза может казаться более подходящей для скрытия нерегулярностей, она может не соответствовать роговице, вызывая зрительные нарушения из-за изменения формы при моргании. Линза должна иметь небольшую оптическую силу (+0,50D), чтобы помочь центрированию ЖГП линзы. Базовой кривой жесткой линзы, используемой в системе piggyback, может потребоваться уплощение BOZR на 0,10 мм. Также, возможно, придется увеличить зазор аксиального края.

6. Подбор линз

Выбор правильного дизайна линзы

Общие положения

Контактные линзы для коррекции кератоконуса (в зависимости от степени заболевания) могут быть:

- Сферическими (с двумя или с тремя кривыми) и асферическими ЖГП линзами
- Сферическими ЖГП линзами с несколькими радиусами (специальными линзами) со сферическими или асферическими перифериями
- Полусклеральными ЖГП линзами

В случаях прогрессирующего кератоглобуса, пеллюцидной краевой дегенерации (PMD) и после хирургических операций могут помочь жесткие линзы от минисклеральных до склеральных. В этот период стоит начать подбирать ЖГП контактные линзы, поскольку понятно, что они будут необходимы. В большинстве случаев считается, что пациентам следует назначить ношение ЖГП контактных линз, когда их зрение уже невозможно адекватно скорректировать с помощью очков. Потребность пациента в функциональном зрении является определяющим фактором.

Процедура подбора должна включать в себя следующие этапы:

- Изучение истории болезни
- Оценку состояния слезной жидкости
- Оценку верхнего и нижнего век и их краев
- Кератометрию
- Видеокератографию
- Оценку рефракции
- Подбор пробных линз
- Овер-рефракцию
- Анализ картины прокрашивания флюоресцеином.

Перед тем как подбирать линзы следует определить два важных параметра роговицы:

- Стадию заболевания
- Размер и положение конуса (для того, чтобы выбрать BOZD и TD)

(BOZD – диаметр задней оптической зоны линзы, TD – полный диаметр линзы)

Стадия кератоконуса определяется путем расчета двух значений К (параметра кератометрии). Если значение К меньше 50,00D (6,75 мм), считается, что конус на начальной стадии; если значение К от 50,00D до 56,00D (6,75-6,03 мм), конус определяется как прогрессирующий. При более 56,00D (6,03 мм) стадия развития конуса считается тяжелой. Видеокератография помогает определить форму, местоположение и размер конуса. В прогрессирующей стадии конус приобретает определенную форму, которую можно классифицировать как сосцевидную (расположенную центрально и/или слегка смещенную к назальной области), овальную (смещенную книзу и в сторону) или «глобус». При этом конус занимает 75% или более процентов роговицы.

Для подбора важно иметь пробный набор ЖГП линз.

Выбор радиуса задней оптической зоны (BOZR)

Выбор BOZR линзы основывается на значениях BOZD и TD, учитывая, что если значения К становятся больше (конус круче), то сагиттальный подъем роговицы увеличивается. Соответствие должно достигаться путем увеличения BOZR при увеличении астигматизма роговицы и значений К.

Вы сможете более точно определить BOZR контактной линзы для пациента с кератоконусом с помощью показаний топографа и симулированных значений К в центре, если воспользоваться номограммой для подбора, описанной в таблице 3, или какой-либо другой номограммой, предоставленной производителем линз.

Избегайте использования чрезмерно плоских BOZR, т.к. они помимо повышенного дискомфорта могут увеличить прокрашивание роговицы, рубцевание роговицы и искажения. Слишком большой вершинный зазор может также привести к сдавливанию роговицы и временным негативным эффектам: отеку

роговицы, прокрашиванию роговицы и эпителиальному импринтингу линзы из-за ее неподвижности. Также сообщалось о рубцевании роговицы и плохой остроте зрения.

Sorbara и Luong (1999) использовали моментальные (или тангенциальные) карты при подборе, так как они лучше всего определяют децентрацию вершины и форму роговицы. Пациенты распределялись на категории в зависимости от величины астигматизма роговицы (ΔK , разницы двух значений K) и конечного наиболее успешного BOZR, который и был записан. Анализируя связь конечной BOZR с плоским значением K , авторы получили уравнения, приведенные в табл. 3. В таблице показана связь (номограммы) BOZR с ΔK и плоским значением K (K для плоского меридиана), полученными с помощью топографа.

Пример:

Если у пациента №1 плоское значение K 48,00D (7,03 мм) по данным корнеотопографа, астигматизм роговицы -3,00D, то BOZR контактной линзы будет равен $48,00 - (0,609 \times (-3,00)) = 49,83D$ (6,77 мм).

Если у пациента №2 плоское значение K 48,00D, астигматизм роговицы -7,00D, то BOZR будет равен $48,00 - (0,419 \times (-7,00)) = 50,93D$ (6,62 мм).

Для астигматизма средней степени (от -4,00 до -7,50D), номограмма дает приблизительное среднее K для диаметра линзы 9,4 мм (0,419 приблизительно эквивалентно 0,50. Для меньших диаметров линз (например, 8,7 мм) хорошей начальной точкой для BOZR будет среднее значение K плюс 0,2 мм, а для больших диаметров (например, от 9,6 до 10,1 мм) – среднее значение K минус 0,2 мм (BOZD также меньше или больше, соответственно). Конечный BOZR определяется с учетом анализа картины флуоресцентного прокрашивания; желателен легкое трехточечное касание (рис.31а и 32а). Сильное трехточечное прокрашивание может приводить к рубцеванию роговицы, слишком большой децентрации линзы, дискомфорту и деформации роговицы.

Эти же правила могут применяться и для би-асферических линз, за исключением того, что начальная базовая кривизна должна быть на 0,1-0,2 мм

Таблица 3. Определение BOZR на основе величины астигматизма роговицы (ΔK) для линзы 9,4 TD (полный диаметр)

ΔK (D)	BOZR (D) (9.4TD)
-0.25D to -3.75D	Flat K (D) - 0.61 x (ΔK)
-4.00D to -7.50D	Flat K (D) - 0.50 x (ΔK)*
-7.75D to -16.75D	Flat K (D) - 0.35 x (ΔK)

*Приблизительное среднее значение K для 7,4 мм BOZD

Edrington et al. (Optom Vis Sci 1996) использовали среднее значение K , полученное с помощью традиционной кератометрии, как начальную точку в своем исследовании. Они не обнаружили значительного расхождения между средним значением K и BOZR ($p=0,3907$). Это исследование не анализирует конечный BOZR, который был, в конце концов, успешно подобран, а использует среднее значение K как начальную точку при подборе.

Все больше и больше исследований поддерживают использование показаний видеокератографии для определения базовой кривизны контактной линзы. Wasserman et al. (CLAO J 1992) после подбора 11 пациентам асферических линз обнаружили, что BOZR больше всего связан с самым плоским K , измеренным в зоне 5 мм. Donshik et al. (Trans Am Ophthalmol Soc 1996) обнаружили, что конечный BOZR ЖГП линзы в наибольшей степени коррелирует со средним значением двух самых плоских K для центральных полумеридианов в центральной зоне 3мм. Szczotka (Optom Vis Sci 1995) установил, что аксиальные крутые K (усреднены 5-й, 6-й и 7-й меридианы) дают наилучший средний сферический BOZR для ЖГП линз.

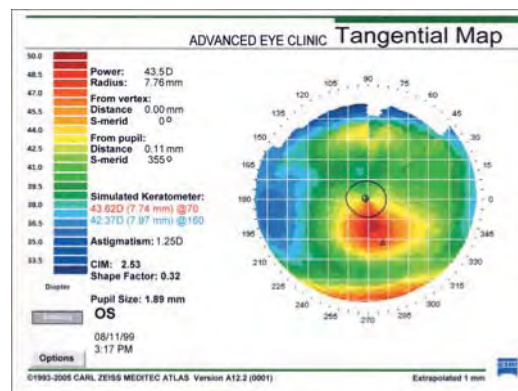


Рис. 31. Овальный конус на ранней стадии, топографическая карта

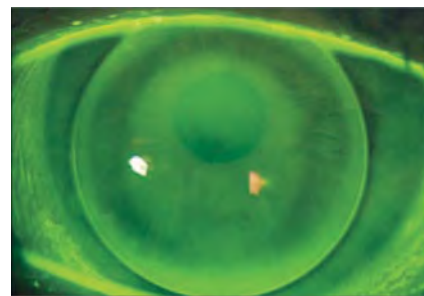


Рис. 31а. Прокрашивание флуоресцеином, овальный конус на ранней стадии

более плоской, чем это дает номограмма, т.к. задняя поверхность линзы и роговица находятся ближе друг к другу.

Подбор оптической силы

Ранние признаки при диагнозе кератоконус – это увеличение астигматизма и изменение положения оси цилиндра. Обычно пациент с миопией и астигматизмом имеет правильный астигматизм или астигматизм с косыми осями в кератоконусе, но может встречаться и с пеллюцидной краевой дегенерацией; может быть пациент с высокой степенью неправильного астигматизма в сочетании с гиперметропией (из-за чрезмерного уплощения над зрачком). В обоих случаях этот астигматизм становится в значительной степени нерегулярным или неортогональным, что затрудняет проведение ретиноскопии и приводит к ухудшению остроты зрения с коррекцией. Овер-рефракция может быть получена только, когда подобрана ЖГП линза. Сферическая задняя поверхность ЖГП линзы нейтрализует нерегулярность роговицы, делая переднюю поверхность слезной пленки сферической до тех пор, пока ЖГП линзы сохраняет свою форму. Без ЖГП линзы на глазу рефракцию сложно предсказать. Эмпирический подбор становится тем менее осуществим, чем круче конус.

Процедура подбора: выбор соответствующего BOZD и TD

Раньше использование линз маленького диаметра с небольшой задней оптической зоной подразумевало, что линзы подбирались с вершинным задзором (крутым), а линзы большего диаметров подбирались с вершинным касанием и касанием века. Однако большинство экспертов считают, что этих типов подборов линз следует избегать. Метод подбора с трехточечным касанием может не только улучшить зрительный результат, но и помогает поддерживать здоровое состояние роговицы в течение длительного времени.

Более точно спрогнозировать BOZD (и таким образом TD; BOZD – диаметр задней оптической зоны линзы, TD – полный диаметр линзы) пациенту с кератоконусом можно путем тщательного изучения тангенциальных топографических карт роговицы. Карты показывают, какого типа конус у пациента: сосцевидный, овальный или шарообразный, размер зоны истончения и локализацию конуса. Каждая топографическая карта имеет масштабную линейку, каждое деление которой соответствует расстоянию 1 мм. С помощью этой линейки можно быстро оценить размеры зоны укручения. Точное соответствие BOZD контактной линзы полученным измерениям поможет предсказать появление зоны флуоресцентного окрашивания вокруг конуса и оценить центрирование линзы. Оба эти параметра являются основными

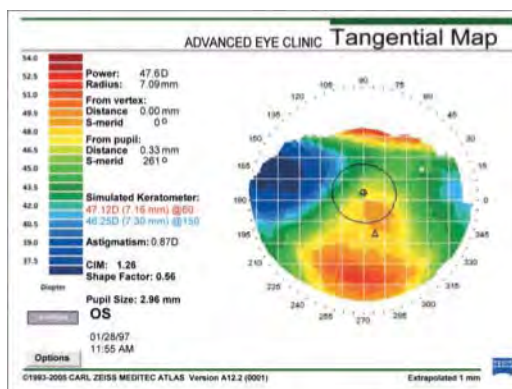


Рис.32. Овальный конус на средней стадии, топографическая карта



Рис. 32а. Прокрашивание флуоресцеином, овальный конус на средней стадии

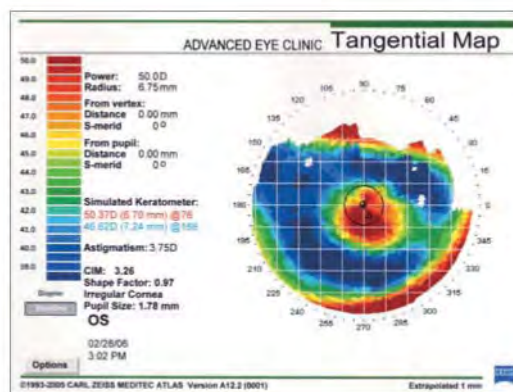


Рис. 33а. Центральный конус (ранняя стадия), топографическая карта

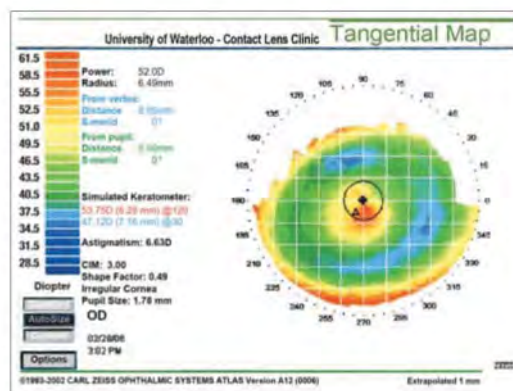


Рис. 33б. Центральный конус (поздняя стадия), топографическая карта



Рис. 34. Флуоресцентное прокрашивание, линза маленького диаметра на конусе центрального типа

для успешного подбора линзы пациентам с кератоконусом.

Тесное сотрудничество с лабораторией, изготавливающей жесткие линзы, поможет понять дизайн диагностических линз, позволяя подбирать параметры линз по типу и размерам конуса у пациента.

Подбор линз маленького диаметра (от 8,5 до 9,3 мм)

Определив размер конуса и тип кератоконуса, можно выбрать диаметр задней оптической зоны линзы. Линзы маленького диаметра больше подходят для сосцевидного или центрального конуса и ранней стадии овального конуса.

По мере прогрессирования сосцевидного конуса линзы меньшего диаметра с постепенно уменьшающимися диаметрами задней оптической зоны (BOZD) будут лучше центрироваться и помогут избежать появления воздушных пузырьков вокруг конуса. Сосцевидный конус, расположенный в центре, занимает меньшую площадь, которая при прогрессировании конуса и его укрупнении уменьшается (рис. 33а и 33б). Таким образом BOZD и BOZR должны уменьшаться, когда конус становится круче, чтобы соответствовать конусу и минимизировать зазоры между линзой и конусом, которые заполняет слезная жидкость. Это приведет к лучшему центрированию линзы и ее соответствию конусу (рис. 34).

Подбор линз среднего диаметра (от 9,4 до 9,9 мм)

Линзы с *большими* диаметрами задней оптической зоны имеют больше подходит для прогрессирующего овального конуса, способствуя центрированию линзы по мере прогрессирования овального конуса и помогая избежать чрезмерного зазора и пузырьков воздуха вокруг конуса. Рисунки 31, 32, 35 и 36 показывают, что роговицы с менее развитым кератоконусом могут иметь конус меньшего размера, тогда как роговицы с более развитым кератоконусом имеют конусы *большого* размера, если конус овального типа. Чтобы выбрать BOZD (и полный диаметр линзы TD, соответственно), посмотрите на топограмму и оцените размер или площадь конуса.

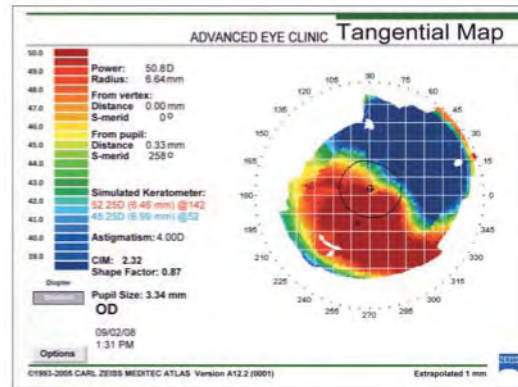


Рис. 35. Развитый овальный конус (топографическая карта)

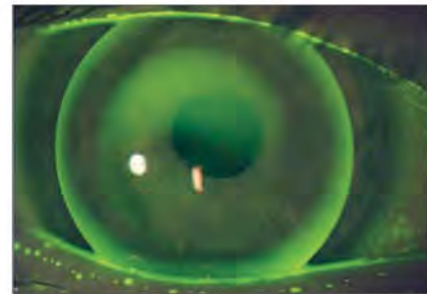


Рис. 35а. Развитый овальный конус, прокрашивание флуоресцеином

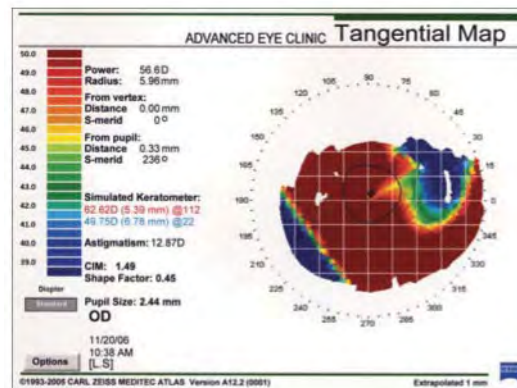


Рис. 36. Шаровидный конус (топографическая карта)

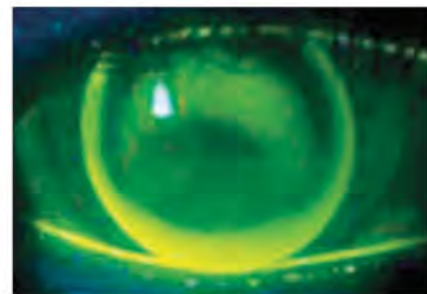


Рис. 36а. Шаровидный конус, прокрашивание флуоресцеином

Выбирайте большие BOZD и TD для конусов *больших* размеров (и, как правило, более крутых и на более развитых стадиях). Для таких конусов овального типа контактные линзы более крутые в центре с *большим* BOZD будут точнее соответствовать более широкой и крутой вершине роговицы, повторяя форму роговицы и не оставляя вершинного зазора. В результате вершинное касание не будет слишком жестким.

Рисунки 31а, 32а, 35а и 36а показывают легкое трехточечное касание, которое следует использовать, чтобы минимизировать повреждение вершины роговицы и при этом обеспечить «регулярность» нерегулярной поверхности роговицы или сделать ее сферической при коррекции с помощью сферической ЖГП линзы, чтобы получить оптимальную остроту зрения. Наборы пробных линз, основанные на дизайне McGuide с многими кривыми (имеющемся в большинстве лабораторий) или дизайнах Soper, имеют постоянный BOZD для каждого диаметра линзы. Например, можно подобрать линзу 5,75 мм BOZD/9,0 TD (для начального кератоконуса) или 6,25 мм BOZD/ 9,6 TD (для умеренного кератоконуса) или 7,0 мм BOZD/ 10,1 TD (для развитого кератоконуса).

Подбор корнеальных линз с большим TD (от 10,0 до 12,8 мм) и корнео-склеральных линз (от 12,9 мм до 13,5 мм)

Линзы большого диаметра с большим BOZD подбирают так, чтобы они соответствовали размерам развитого конуса, избегая как чрезмерного зазора, так и чрезмерного давления на вершину конуса, что в свою очередь способствует центрированию линзы. На рисунке 36а показана посадка линзы с большими BOZD и TD на большом конусе (шаровидном), обеспечивающая хорошее центрирование линзы и легкое трехточечное касание. Это асферическая линза с большим TD/BOZD (10,2 мм/9,2 мм). Могут также подойти и другие линзы с *большими* диаметрами, таким как, например, 10,4 мм (рисунок 37). Для шаровидного конуса достичь желаемого эффекта можно с помощью линз с *большими* диаметрами (11,2 мм, например) (рис. 38 и 39) или корнеосклеральных линз с TD от 12,9 до 13,5 мм (рис. 40). Таблица 4 показывает взаимосвязь между BOZD и размером конуса, а таблицы 5а и 5б – взаимосвязь BOZD и BOZR.

Подбор полусклеральных линз (от 13,6 до 14,9 мм TD) и мини-склеральных линз (от 15,0 до 18,0 мм TD)

Так как полусклеральные линзы принято подбирать при экстремально нерегулярных роговицах, вызванных развитым кератоконусом, пеллюцидной краевой дегенерацией (PMD), травмой глаза, постоперационной эктазией, последствиями сквозной кератопластики или лазерной операции (RK, LASIK, PRK), полезно иметь представление о величине подъема

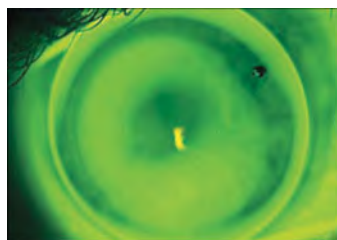


Рис. 37. Диаметр линзы 10,4 мм.

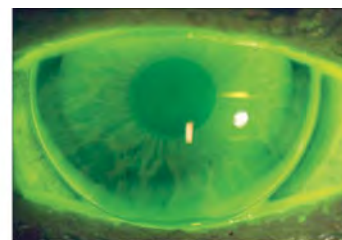


Рис. 38. Диаметр линзы 11,2 мм (сферическая)

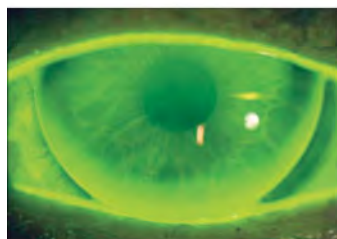


Рис. 39. Диаметр линзы 11,2 мм (асферическая)

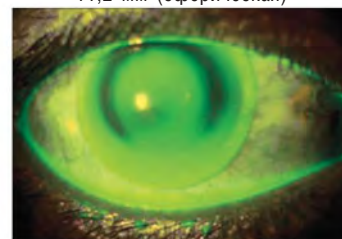


Рис. 40. Диаметр линзы 13,5 мм

Таблица 4. Связь диаметра конуса с BOZD/TD

Тип конуса	Диаметр конуса	BOZD	LD
Центральный конус:			
Ранний	от 4,0 до 5,0мм	от 7,40 до 8,10мм	от 9,40 до 9,6мм
Умеренный	от 2,8 до 3,9мм	от 5,00 до 7,30мм	от 8,8 до 9,3мм
Поздний	от 2,0 до 2,7мм	от 3,00 до 4,90мм	от 8,0 до 8,7мм
Овальный конус:			
Ранний	от 2,0 до 4,0мм	от 5,25 до 7,50мм	от 8,5 до 9,6мм
Умеренный	от 4,2 до 5,0мм	от 7,60 до 8,10мм	от 9,8 до 10,1мм
Развитый	от 5,2 до 7,0мм	от 8,20 до 9,40мм	от 10,2 до 11,4мм
Шарообразный конус	>7,0мм	от 9,20 до 9,60мм	от 10,2 до 11,4мм
PMD:			
Ранний	от 5,0 до 7,0мм	от 8,20 до 9,40мм	от 10,2 до 11,4мм
Поздний	от 7,2 до 9,0мм	от 9,40 до 10,50мм	от 11,4 до 18,2мм

Таблица 5а. Определение BOZR, основанное на плавающем BOZD

Плавающий BOZD	BOZR (мм)
3,3-4,3мм	Средний К (мм) -0,4мм
3,9-4,6мм	Средний К (мм) - 0,35мм
5,1-6,1мм	Средний К (мм) - 0,3мм
6,2-7,2мм	Средний К (мм) - 0,2мм
7,4-8,0мм	Средний К (мм)
>8,1 BOZD	Средний К (мм) +0,2мм

Таблица 5б. Определение BOZR на основе фиксированного BOZD

Фиксированный BOZD/LD	BOZR (мм)
6,5-7,2/8,5-9,0мм	Средний К (мм) - 0,2мм
7,3-7,5/9,2-9,6мм	Средний К (мм)
7,6-8,1/9,8-10,1мм	Средний К (мм) +0,15мм
8,2-8,6/10,2-10,6мм	Средний К (мм) +0,2 до 0,3мм
8,7-9,4/10,8-11,4мм	Средний К (мм) +0,4

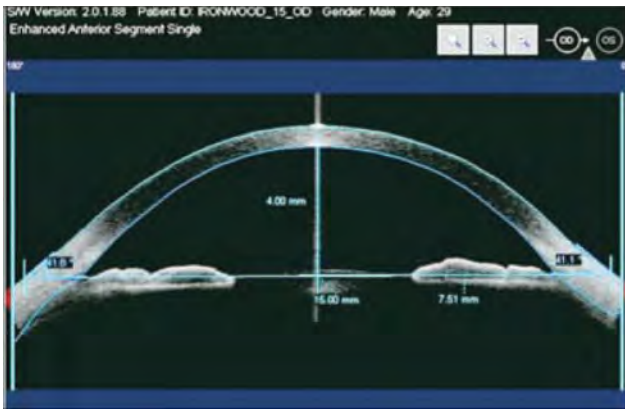


Рис. 41. Sag, наблюдаемый с помощью Visante

роговицы (sag) для того, чтобы выбрать базовую кривизну или подъем (sag) контактной линзы. В идеале подъем контактной линзы должен быть больше, чем подъем роговицы, чтобы обеспечить постоянный резервуар слезной жидкости под всей задней поверхностью линзы без слишком большого зазора, который мог бы спровоцировать появление пузырьков воздуха.

Подъем роговицы можно измерить, используя оптокогерентный томограф Visante OCT, который позволяет произвести измерение по направлению любой хорды (рис. 41). Прибор Orbscan II может также обеспечить оценку sag роговицы по направлению хорды NVID («от белого до белого», как это называется), на которой измеряется глубина передней камеры глаза. В сумме с толщиной роговицы в центральной точке, это измерение может быть оценкой sag роговицы. Другие топографы, такие как Medmont, обеспечивают прямое измерение подъема роговицы. Также с помощью любого топографа, предоставляющего значение эксцентриситета (*e-value*), можно рассчитать sag роговицы, используя формулу для вытянутых эллипсов, которые используют фактор формы ($p=1-e^2$), показатель К в этом меридиане (плоском – flat) и диаметр любой полу-хорды.

$$\text{sag} = \frac{r - \sqrt{r^2 - p(\text{chord}/2)^2}}{p},$$

где r – радиус, а p – фактор формы.

Получив значение подъема роговицы, можно выбрать полусклеральную линзу, у которой подъем будет немного больше, чтобы обеспечить зазор между роговицей и линзой. Если у линзы указаны размеры радиуса, подъем роговицы можно рассчитать по BOZD контактной линзы и затем эту величину можно преобразовать в радиус:

$$r = \frac{(\text{chord}/2)^2 - p(\text{sag})^2}{2\text{sag}}.$$

В руководствах по подбору линз компаний-производителей также предлагается исходная пробная

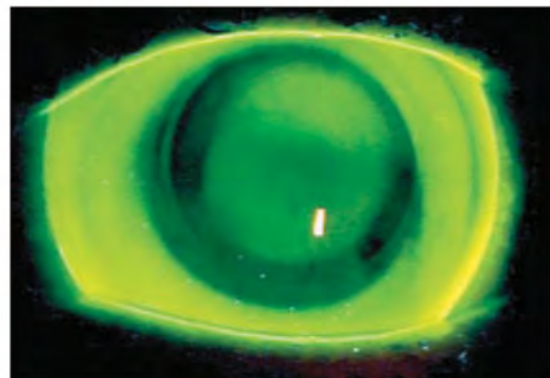
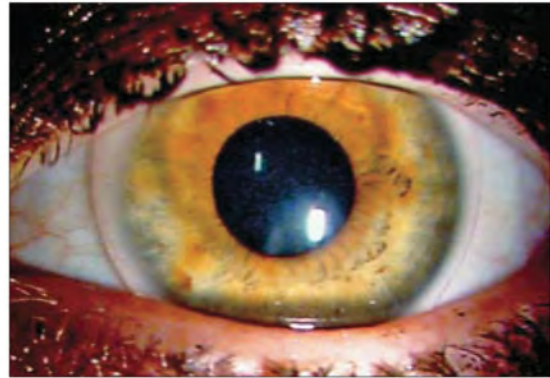
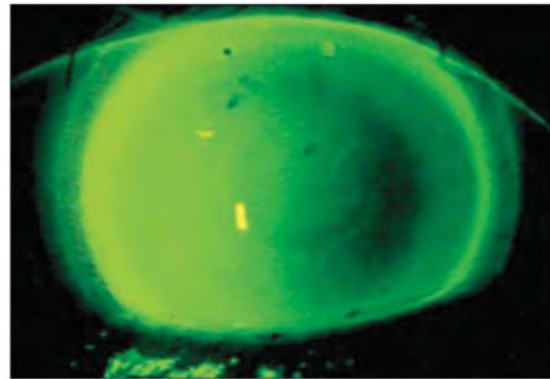


Рис. 42, 42а и 42b. Диаметр 15,8 мм

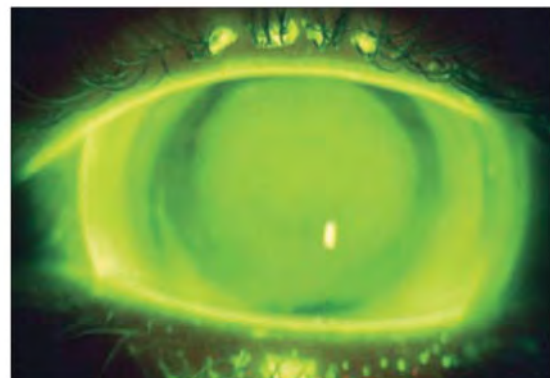


Рис. 43. Диаметр 18,2 мм

линза с учетом прогрессирования конуса. Чтобы добиться средне-периферического заполнения, средние периферические кривые контактной линзы (две или три сферические кривые или асферическая зона) должны быть:

- уплощенными (если нет зазора) или
- укрупненными (если имеется чрезмерный зазор с образованием пузырьков воздуха).

Край линзы, склеральную зону можно увидеть только частично с помощью новых приборов ОСТ, таких как RT-Vue ОСТ (Clarion Medical Tech), Visante ОСТ (Zeiss Meditec, CA) и с помощью фотографирования профиля щелевой лампой. Определить правильность выбора тангенциальной (то есть, выровненной) склеральной зоны можно, оценив изменение скорости кровотока в сосудах конъюнктивы и прокрашивание флюоресцеином.

См. рис. 42, 42a, 42b и 43 и примеры посадки полусклеральных линз.

Дизайн периферии линзы

Определение аксиального подъема края линзы (AEL)

Последний параметр, относящийся к поведению линзы на глазу и обеспечивающий неизменную физиологию роговицы, — это система периферической кривизны линзы, называемая аксиальным подъемом края линзы (AEL), а также аксиальный зазор края линзы на глазу (AEC) (Рис. 44). Аксиальный зазор края (AEC) описывается как толщина слезного слоя (TLT) между контактной линзой и роговицей.

Для начального кератоконуса используют линзы с аксиальным подъемом края (AEL) 120 микрон (стандартный) или стандартные асферические линзы (например, Boston Envision), у которых аксиальный подъем края немного больше. Величина подъема края линзы основывается на среднем значении эксцентricности (от 0,45 до 0,55). Когда кератоконус достигает выраженной стадии, следует подбирать линзы мультикривизновых дизайнов с меньшим или большим BOZD, чем средний BOZD, и более высоким аксиальным подъемом края (AEL) (от 200 до 300 мкм в начальной стадии), т.к. кривизна конуса увеличивается (и, следовательно, его подъем тоже увеличивается) в дополнение к быстрому уплощению к периферии. Тогда может потребоваться аксиальный подъем края (AEL) вплоть до 650 мкм или более, т.к. величина эксцентricности кератоконусной роговицы увеличивается (от 0,75 до ~1,00), когда увеличивается центральное укрупнение.

Пробные диагностические линзы имеют стандартные периферии с собственными периферическими дизайнами подъема края, превышающими среднее значение AEL. Пробный подбор этих линз может привести к флюоресцеиновому прокрашиванию, указывающему на центральное трехточечное касание, но недостаточный (чаще всего) или чрезмерный зазор на периферии. Именно в этих случаях может потребоваться коррекция подъема края на периферии. До тех пор пока центральное прокрашивание остается идеальным, аксиальный подъем края менять не следует, т.к. зазор на периферии может быть вызван просто чрезмерно крутой или плоской линзой. Если допустить, что соотношение базовой кривизны (BOZR) линзы и роговицы идеально, то периферию можно перезаказать с шагом #1, #2, #3 и т.д., делая ее более крутой или плоской, чем стандартная.

Корректировка периферии линз с очень маленьким BOZD (3,7-5,1 мм) влияет на центральную посадку линзы. Более крутая периферия сделает центральную посадку более крутой из-за увеличенного подъема, и в лаборатории автоматически сделают BOZR более плоским (обычно на 0,05 мм), чтобы скомпенсировать эти изменения в sag. Оптическая сила линзы также будет скомпенсирована одновременно на -0,50D. Более плоская периферия приведет к уменьшению видимого подъема при флюоресцеиновом прокрашивании из-за маленького диаметра задней оптической зоны (BOZD). Поэтому будет предложен более крутой радиус задней оптической зоны (BOZR) (на 0,05 мм) и оптическая сила скорректирована на +0,50D.

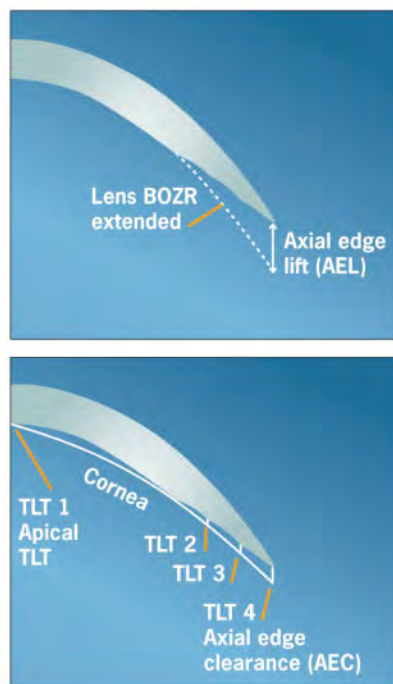


Рис. 44. AEL и AEC контактной линзы

Повторный заказ будет указывать, что эти новые параметры уже внесены, чтобы избежать необходимости дальнейшей компенсации.

Обычно линзам с большими BOZD (>6,25мм) не требуется компенсация из-за изменения подъема, т.к. на флюоресцеиновое прокрашивание может не влиять изменение подъема, вызванное увеличением или уменьшением подъема края на периферии. Эти линзы можно заказать с увеличенными или уменьшенными перифериями и аксиальным зазором края (АЕС), а BOZR оставить прежним. При пробной посадке этой новой линзы флюоресцеиновое прокрашивание поможет определить, нужна ли дополнительная компенсация.



Рис. 45. Неодинаковые периферии

Торические и неодинаковые периферии

Новые дизайны линз основываются на топографических данных, которые помогают оценить, простирается ли неправильный астигматизм до периферии роговицы. Эти линзы имеют торический дизайн периферии или периферию, в которой часть линзы можно изготовить с более низким аксиальным подъемом края, чем у всей остальной линзы. Торическая периферия может быть 1,0 мм шириной с разницей 0,8 мм между двумя меридианами. BOZR будет круче на 0,05 мм, а оптическая сила будет компенсирована добавкой -0,50D при данном изменении. «Торические» дизайны периферии показаны, когда топография указывает, что более крутая в нижней части роговица смещена книзу, заставляя поднять более низкий край линзы, и вызывает раздражение нижнего века. Линзы могут быть разработаны со стандартной периферией в 90° и более крутой периферией в 270° с призмой 1-1,25 призм. дптр при 270° для стабилизации линзы на глазу. Другие дизайны линз имеют верхнюю зону со стандартной периферией, а нижний квадрант сделан более крутой с назальной и темпоральной зонами, переходными зонами со средним аксиальным подъемом края (АЕЛ).

Эти дизайны линз также используются в случаях пеллюцидной краевой дегенерации, когда истончение роговицы происходит намного ниже, чем у роговицы с кератоконусом, и приводит к чрезмерному зазору в нижнем крае линзы (рис.45).

Оценка подходящей посадки



Рис. 46. Фильтр Wratten Boston

Картина флюоресцеинового прокрашивания

Оценивать все картины флюоресцеинового прокрашивания следует с кобальтовым фильтром на щелевой лампе, используя желтый фильтр Wratten#12, чтобы гарантировать максимальную контрастность (рис.46). Смоченную флюоресцеином полоску следует приложить к бульбарной конъюнктиве, чтобы минимизировать контакт флюоресцеина с передней поверхностью линзы. Так как большинство периферий пробных контактных линз имеют стандартный

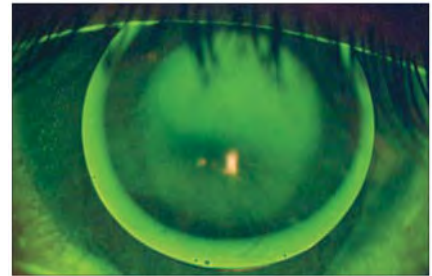


Рис. 47. Трехточечное касание (распределенная поддержка), флюоресцеиновое прокрашивание

подъем края, более развитым конусам с высоким эксцентриситетом потребуются более плоские периферии. Чтобы оценить картину флюоресцеинового прокрашивания в центре, нужно, чтобы слезная жидкость находилась под более плотно прилегающим нижним краем линзы. Также важно дать время от 5 до 20 минут, чтобы линза «установилась» на глазу, особенно для линз со склеральной поддержкой, т.к. линза может со временем прогнуться или придвинуться ближе к роговице.

Касание в трех точках (распределенная поддержка)

Считается, что легкое трехточечное касание на границе вершинного зазора является признаком правильного подбора, которого надо добиться в центральной части линзы. Положение этого касания зависит от положения вершины конуса. У сосцевидного конуса оно будет расположено центрально, тогда как у овального конуса эта область будет сме-

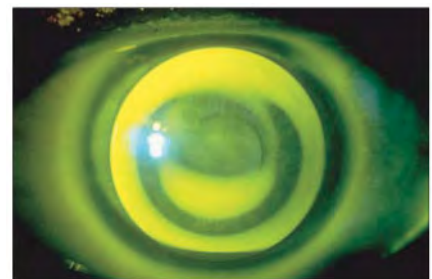


Рис. 48. Плоский подбор (центральное касание), флюоресцеиновое прокрашивание

щена книзу или книзу-латерально. Две другие области касания обычно расположены вдоль самого плоского меридиана, обычно горизонтально при кератоконусе и вертикально на ранней стадии PMD. Зазор на периферии от 0,5 до 0,7 мм можно получить с помощью более плоских, чем стандартные периферии (рис.47).

Вершинное касание

Очевидно, что вершинное касание, вызванное слишком плоской базовой кривой (или слишком низким подъемом) может стать причиной повреждения вершины, включая спиралевидное прокрашивание и рубцевание. Линзы больших диаметров не следует подбирать плоско с касанием века, как это раньше понималось. Используйте увеличенный sag, чтобы подобрать больший конус без сильного вершинного касания. Рис. 48 показывает влияние плоско подобранной линзы с вершинным повреждением роговицы. Этого типа подбора следует избегать.

Вершинный зазор

Следует также избегать чрезмерного вершинного зазора. Пузырьки воздуха могут попадать под линзу в оптическую зону и быть причиной дискомфорта и плохой остроты зрения. Плохая острота зрения также может быть связана с гибкостью линзы, которая приводит к тому, что передняя поверхность слезной пленки становится торической, и поэтому линза не может корригировать нерегулярность роговицы из-за наличия остаточного астигматизма (Рис. 49). При подборе чрезмерно крутых линз, особенно на роговицы с высоким астигматизмом, кривизна роговицы может увеличиваться, а изменение формы роговицы может привести к миопическому сдвигу.

Идеальный аксиальный зазор края

После достижения идеальной посадки линзы в центральной зоне на основании флуоресцеиновой картины, можно оценить прокрашивание средне-периферической и периферической зоны. В идеале средняя периферия линзы должна быть направлена по касательной по отношению к средней периферии роговицы для выравнивания сферических периферических кривых (Рис. 50). Если периферические кривые асимметричные, это выравнивание будет более наглядным с небольшим диффузным зазором в направлении к периферии (Рис. 51).

Периферия контактной линзы должна иметь зазор 100-120 мкм от периферии роговицы. Немного больший зазор оправдан у линз с большим диаметром с более плоскими периферическими кривыми (т.е. с увеличенным аксиальным подъемом края), а немного меньший зазор (т.е. с меньшим аксиальным подъемом края) необходим линзам с меньшим диаметром. Этот идеальный зазор края линзы необходим для того, чтобы обеспечить ее подвижность, обмен слезной жидкости и удаление загрязняющих частиц в слезе из-под линзы в дополнение к функции центрирования линзы.

Одинаковое во всех направлениях кольцо зазора в 0,7 мм шириной было бы идеальным. Если BOZD и TD линзы достаточно большие с большим низковершинным конусом, нижний край линзы должен заходить под нижнее веко с одинаковым периферическим зазором 360°. Чтобы получить идеальный зазор более плоский или более крутой, необходимо проверить отстояние края. Если потребуются, измените аксиальный подъем края в одном квадранте линзы, чтобы добиться одинакового зазора края во всех направлениях.

Минимальный зазор края

Минимальный зазор края линзы или его отсутствие недопустимы, это может привести к периферическому “впечатыванию” края, прокраши-

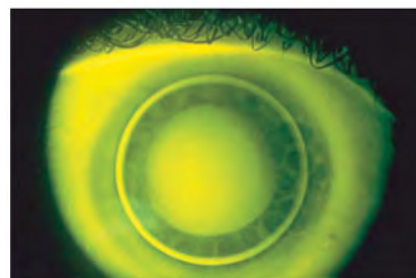


Рис. 49. Крутая посадка линзы

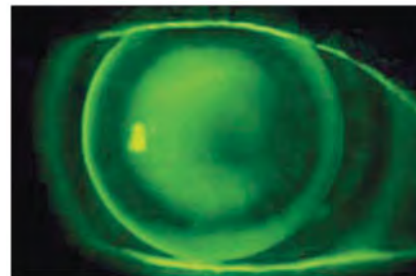


Рис. 50. Идеальный периферический зазор (сферическая линза)

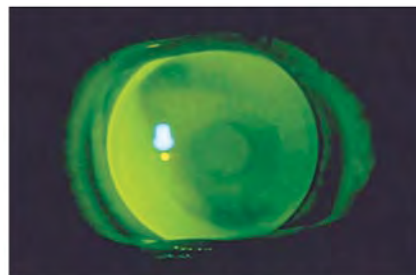


Рис. 51. Идеальный периферический зазор (асферическая линза)

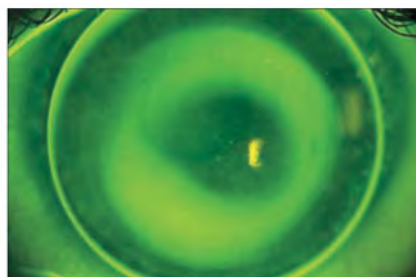


Рис. 52. Минимальный зазор края

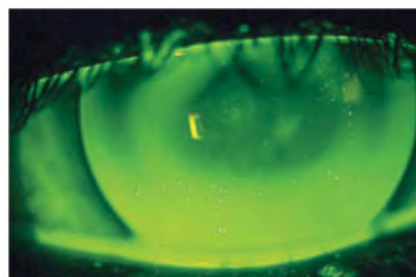


Рис. 53. Чрезмерный зазор края (линза опирается на нижнее веко)

ванию и плохому движению линзы на глазу или полному отсутствию подвижности, что приводит к застою слезной жидкости и загрязняющих частиц, вызывает отек и воспалительные реакции. Линзы с минимальным зазором, как правило, сидят центрально на вершине конуса, но могут децентрироваться вниз, в темпоральную или назальную область (Рис. 52).

Чрезмерный зазор края

Чрезмерный зазор края вызывает раздражение и ощущение инородного тела в глазу. Это может привести к тому, что нижний край линзы будет находиться выше нижнего века, при этом возникает опасность выпадения линзы из глаза при резком взгляде в бок или смещении линзы (Рис. 53). Верхнее веко может также тянуть линзу вверх при движении, что также нежелательно, т.к. это может вызвать местное уплощение над вершиной смещенного вниз конуса.

Центрирование и движение линзы

В идеале линзу следует центрировать, как и при любом интерпальпебральном подборе контактной линзы (Рис. 54). Центрирования можно добиться с помощью идеального флуоресцеинового прокрашивания и правильного выбора диаметра линзы, соответствующего диаметру конуса (то есть, линзы с большим диаметром подбираются для конуса большего диаметра). Подвижность линзы также необходима для сохранения нормальной физиологии роговицы. Подвижность линзы будет составлять от 2,0 мм для линз маленьких диаметров до 0,5 мм для корневальных линз больших диаметров. У корнеосклеральных и полусклеральных линз подвижность может быть минимальной или совсем отсутствовать, обмен слезной жидкости под линзой будет зависеть от эффективности работы «слезного насоса» при движении века по передней поверхности линзы, изгибающего ее. Используйте push-up тест, чтобы убедиться, что линза не залипала на склере.

Овер-рефракция

После оптимального подбора пробной линзы следует сделать овер-рефракцию с надетой линзой, чтобы определить окончательную силу линзы. Полезно использовать авторефрактометр, т.к. ретиноскопия будет затруднена из-за рефлекса ножниц. Из-за потенциальной сложности в определении оси и силы цилиндра, определите сначала сферическую овер-рефракцию. Если очевидно, что остаточный астигматизм следует корригировать и это улучшает остроту зрения, то овер-рефракцию можно включить в очки, которые будут носиться вместе с контактными линзами (особенно для пациентов пресбиопов с кератоконусом).

Флуоресцеиновые имитации топографических карт

Использование видеокератоскопа, который более точно определит форму роговицы, и номограмм подбора будет иметь преимущества при быстром определении конечного BOZR, BOZD и TD. Программное обеспечение топографа позволяет врачу установить собственную номограмму подбора в рамках модуля подбора контактной линзы для специфических типов линз, которую можно выбрать в строке «Doctor Preferences» («Предпочтения врача»). При некотором опыте эту номограмму можно будет установить для кератоконусных многокривизновых дизайнов линз на любом топографе. Возможность рассчитать начальные и/или конечные параметры линз, используя топограф и эту номограмму подбора, дает достаточные основания для их дальнейшего использования в оптометрической практике. Топографы также предлагают изображения флуоресцеиновых имитаций, с которыми можно показать крутую, плоскую или идеальную центральную посадку линзы. Некоторые примеры приведены на рисунках 55, 56 и 57 (фокальные точки флуоресцеиновых имитаций).

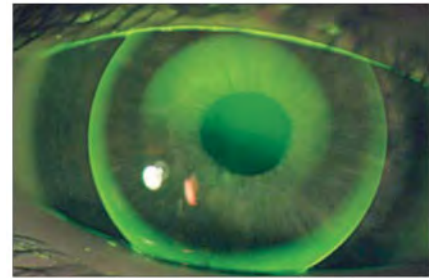


Рис. 54. Центрирование линзы

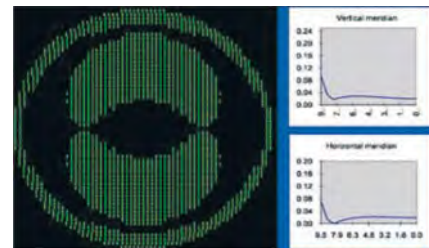


Рис. 55. Идеальная посадка (имитация подбора)

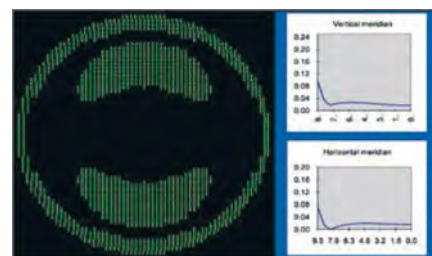


Рис. 56. Излишне плоская посадка (имитация подбора)

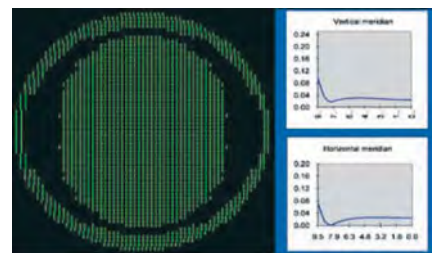


Рис. 57. Излишне крутая посадка (имитация подбора)

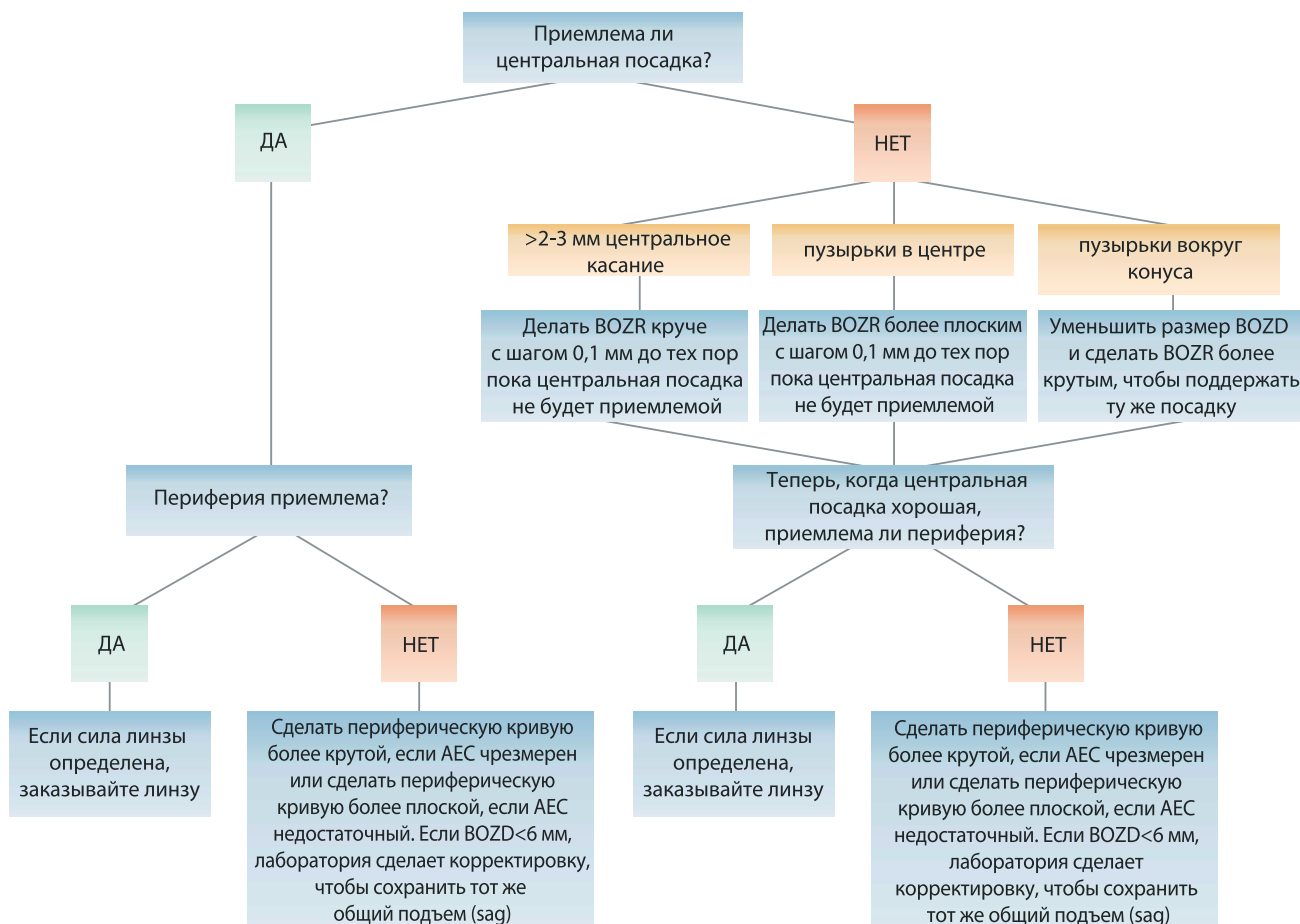
7. Врачебное наблюдение и стратегии лечения

Процедуры наблюдения и посещение врача

Как правило, пациентам с кератоконусом требуется чаще посещать врача после подбора линз, чем обычным пользователям контактными линзами. Они также более лояльны и ценят вашу заботу о них. Они будут рекомендовать вас знакомым, т.к. считают вас специалистом. Вероятно, также может потребоваться регулярно изменять параметры линз, особенно когда заболевание находится в прогрессирующей стадии.

После окончательного подбора линз и обучения пациента назначьте следующие приемы через 1 неделю, месяц, два и три месяца, а затем каждые три месяца в первый год. Частота визитов может уменьшиться в последующие годы в зависимости от скорости прогрессирования заболевания. Каждые три месяца следует проверять остроту зрения (в условиях высокой и низкой контрастности), выполнить овер-рефракцию, оценить топографию роговицы, оценить посадку и поверхность линзы с помощью флуоресцеинового прокрашивания и биомикроскопии с линзой и без линзы на глазу. На каждом приеме следует обсудить с пациентом качество зрения, комфортность, ощущение инородного тела в глазу и симптомы сухости. Особое внимание необходимо уделить степени центрирования линзы/вершинного касания, которое должно быть легким с небольшим вершинным зазором и не должно иметь очевидного центрального касания. Если эта характеристика изменилась, следует подобрать новую линзу: либо сделать линзу более крутой с тем же дизайном, либо выбрать больший диаметр линзы, особенно если размер конуса значительно увеличился в размере.

Следующая схема поможет в оценке подбора на первом контрольном осмотре.



В случае появления острой боли пациент должен сообщить вам немедленно, т.к. это может указывать на гидропс роговицы, что требуется осмотра и соответствующего лечения.

Если пациент не может связаться с вами, он должен обратиться в специализированный офтальмологический центр. Случаи острой боли могут быть результатом гидропса роговицы (разрыва эндотелия, приводящего к массивному отеку и боли), а ранее обнаружение – залог более благоприятного решения проблемы (Рис. 58). При ранней диагностике гидропса роговицы необходимо снять линзы и можно использовать гипертонические капли, такие как Muro 128 (B+L), а затем направить пациента к специалисту по роговице. В зависимости от исхода и наличия центрального рубцевания роговицы, которое может сохраниться, в качестве дальнейших действий может рассматриваться сквозная кератопластика. Замену линз, если отсутствуют изменения в параметрах подбора или силе линз, можно производить ежегодно, чтобы гарантировать отсутствие отложений и царапин.



Рис. 58. Гидропс роговицы

Осложнения, требующие изменения параметров линз

В нижеследующей таблице представлены клинические признаки, требующие повторного подбора линзы:

Признаки	Возможное значение (необходим повторный подбор)																			
	Увеличение истончения роговицы	Плохой край линзы	Увеличение отложений на роговице	Увеличение укручения роговицы	Чрезмерная подвижность линзы	Плотная периферия	Плоская периферия	Увеличение эксцентриситета роговицы	Плоская линза/посадка	Чрезмерный зазор края	Рост нерегулярного астигматизма	Увеличение аберраций	Децентрация линзы	Слишком маленький диаметр линзы	Увеличение сухости	Большой BOZD	Маленький BOZD	Увеличенное рубцевание роговицы	Отек роговицы	
Увеличенное рубцевание роговицы	■				■															
Увеличенное центральное касание					■															
Уменьшенный аксиальный зазор края						■		■												
Увеличенное смещение линзы								■	■											
Уменьшение подвижности линзы												■								
Увеличенное прокрашивание на «3 и 9 часах»													■	■						
Увеличение прокрашивания в центре								■												
Увеличение пузырьков воздуха в центре																■				
Увеличение пузырьков воздуха на периферии						■			■											
Снижение остроты зрения											■	■							■	
Увеличение бликов													■					■		
Увеличение гало																				■
Увеличение флукуирующего зрения		■	■										■							
Трудности при снятии линзы					■															
Дискомфорт или раздражение		■					■													

Изменение дизайна линзы

Изменить BOZR

- При укручении или уплощении BOZR, убедитесь, что вы конвертировали радиус из миллиметров в диоптрии, чтобы скорректировать оптическую силу контактной линзы и компенсировать изменения в слезном слое.
- Изменяйте BOZR с шагом 0,1 мм до момента появления значимых изменений в посадке линзы.
- Сделайте BOZR более крутым, если центральное касание неприемлемо, а вершинное повреждение роговицы очевидно или возможно.
- Сделайте BOZR более плоским, если в центре присутствуют пузырьки воздуха и не исчезают при моргании, мешая смотреть, или когда очевидно залипание линзы.

Изменение BOZD

- Увеличивая или уменьшая BOZD, убедитесь, что вы компенсировали изменение в подъеме (sag) линзы, делая BOZR либо более плоским, либо более крутым, соответственно, чтобы сохранить ту же взаимосвязь при подборе. Тогда не потребуется менять оптическую силу линзы.
- Увеличьте BOZD (и оставьте BOZR прежним), если диаметр конуса увеличился, чтобы лучше его выровнять в соответствии с топографией. Это увеличит подъем линзы.
- Уменьшите BOZD (и оставьте BOZR прежним), если вокруг зрачка под линзой пузырьки воздуха, чтобы уменьшить зазор вокруг конуса и лучше выровнять его с размером конуса. В этих случаях необходимо скорректировать оптическую силу линзы т.к. изменился подъем линзы и слезной пленки соответственно.
- Укручение BOZR требует увеличение минусовой оптической силы и наоборот.

Изменение TD

- Увеличение или уменьшение диаметра линзы без изменения BOZD приведет к увеличению или уменьшению зазора на периферии, если вы не попросите оставить AEL (аксиальный подъем края) прежним.
- Увеличение диаметра линзы может быть полезным, если:
 - Диаметр конуса увеличился
 - Линза начинает децентрироваться
 - Очевидно прокрашивание на «3 и 9 часах».
- Уменьшите диаметр линзы, если край линзы приближается к лимбу, не перекрывая его, или уменьшите вес линзы; край, находящийся прямо на лимбе, может вызывать раздражение.

Изменение AEL

- Корректируйте только AEL линзы, если центральное прокрашивание идеально и показывает идеальное соотношение подбора. Увеличение или уменьшение AEL линзы, у которой маленький BOZD, сильно влияет на общий подъем (sag), который необходимо компенсировать и корректировать.
- При увеличении AEL для улучшения обмена слезной жидкости на периферии линзы, BOZR следует сделать более крутым (обычно на 0,50D), а оптическую силу следует скорректировать на соответствующее значение увеличенной минусовой оптической силы у линз с маленьким диаметром оптической зоны. Если AEL уменьшается (т.е. если линза сидит слишком высоко или край линзы вызывает раздражение), противоположное действие будет верным.

Секторальное изменение AEL

- Обычно поправка в нижней части контактной линзы не влияет на посадку линзы. Добавление переменного балласта для поддержания положения линзы может влиять на комфорт.
- Торичность периферии не влияют на посадку линзы, но может увеличить комфортность линзы.
- Секторальную поправку следует рассчитать в случаях с PMD (пеллюцидной краевой дегенерацией), когда конус, смещенный книзу, опускает нижний край линзы, вызывая раздражение нижнего века, а большой диаметр /большой BOZD линзы не позволяет нижнему краю линзы находиться под нижним веком.

Изменение толщины в центре

- Подумайте над увеличением толщины линзы в центре, если наблюдается смещение линзы, которое происходит не из-за слишком крутой посадки, а скорее из-за того, что линза слишком тонкая. Обычно достаточно поправки на 0,02 мм, чтобы уменьшить смещение линзы на 0,75D.

· Убедитесь, что вы используете материал с достаточно высокой кислородной проницаемостью, чтобы избежать слишком значительного снижения пропускания кислорода линзой.

Изменение силы линзы

- При увеличении минусовой оптической силы линзы более 4,00D, рассмотрите лентикюляцию линзы или увеличьте степень лентикюляции.
- Для коррекции остаточного астигматизма дизайны с передней торической поверхностью линзы могут не работать из-за нерегулярности астигматизма.

Повторный подбор с другой линзой и/или дизайном

От сферического к асферическому BOZD

- При переходе от сферического дизайна оптической зоны к асферическому дизайну оптической зоны, скорректируйте BOZR так, чтобы он был более плоским на 0,10 – 0,15 мм.
- Компенсируйте оптическую силу плюсовой добавкой от 0,50 до 0,75D. Противоположное действие будет верным, если вы меняете дизайн с асферического на сферический.

От сферической периферии линзы к асферической

- При переходе от сферической мультирадиусной периферии к асферической периферии может потребоваться увеличение аксиального зазора края линзы. Асферическая периферия будет плотнее подходить к контуру роговицы и может потребоваться уплощение (и наоборот, если переходить от асферического к сферическому дизайну периферии) (Рис. 60a и 60b).

От фиксированного BOZD к плавающему BOZD

- При переходе от дизайна линзы с фиксированным BOZD к дизайну линзы с плавающим BOZD, может потребоваться увеличить или уменьшить BOZD в зависимости от радиуса линзы.
- У более крутых линз BOZD меньше в дизайнах с плавающим BOZR.
- Чтобы сохранить ту же взаимосвязь при подборе линзы, может потребоваться компенсация BOZD путем либо уплощения либо укручения BOZR, чтобы сохранить ту же взаимосвязь при подборе линзы (если BOZD больше или меньше, соответственно) (Рис. 61a и 61b).

От корнеальных линз к полусклеральным дизайнам

- Учитывайте, что изменение в диаметре линзы увеличивает подъем линзы соответственно, и вам может потребоваться компенсировать это с помощью более плоского BOZR. Теперь линза подобрана скорее по подъему роговицы, чем по базовой кривой. Картинка прокрашивания с тремя точками легкого касания заменяется на флюоресцеиновое прокрашивание с легким вершинным зазором по всей роговице, тогда как линза остается на склере (Рис. 62a и 62b).

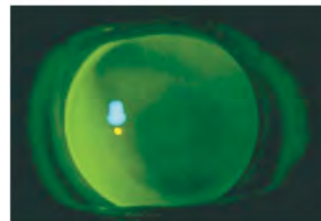
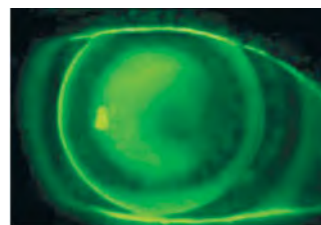


Рис. 59a и 59b. От сферического к асферическому центру

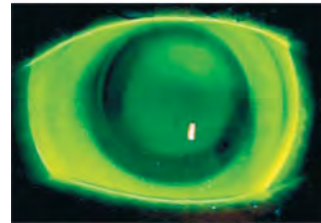
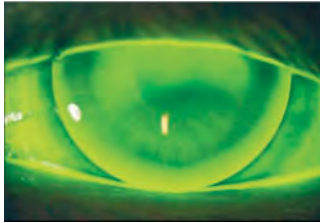
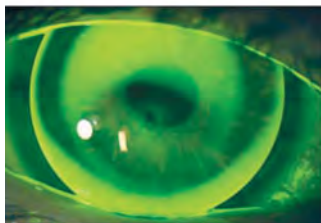
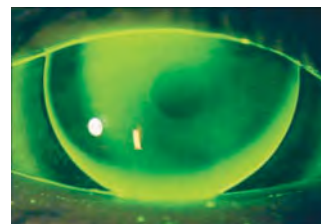
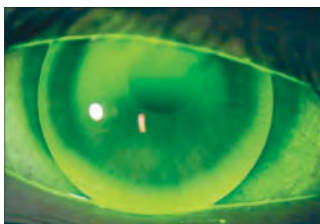
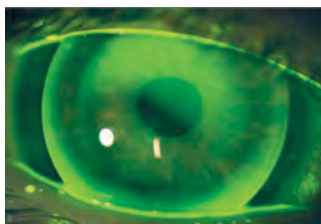


Рис. 60a и 60b. От сферической к асферической периферии

Рис. 61a и 61b. От фиксированного к плавающему BOZD

Рис. 62a и 62b. От корнеальных к склеральным линзам

8. Осложнения

Прокрашивание роговицы

Многие формы окрашивания роговицы могут быть напрямую связаны с ношением кератоконусных ЖГП линз.

Токсическое окрашивание роговицы

Токсическое окрашивание роговицы редко связано с ношением ЖГП линз, но оно может возникать при использовании растворов с определенными консервантами, включая хлогексидин, тимеросал или, реже, полигексанид и поликвад. Эта реакция зависит от концентрации данных компонентов и может вызывать диффузное окрашивание роговицы под контактной линзой (Рис. 63). Наличие этого окрашивания указывает на необходимость замены системы по уходу за линзами и/или, может быть, на необходимость ополаскивать линзы в растворе перед надеванием. Также надо учитывать, что смазывающие капли и капли «слеза натуральная» могут вызывать окрашивание, в таком случае могут потребоваться капли без консервантов.

Трех- и девятичасовое окрашивание

«Трех- и девятичасовое» окрашивание происходит в результате сочетания многих факторов, связанных с посадкой линзы и окулярной поверхностью. Четырех- и восьмичасовое окрашивание обычно наблюдается при низкой посадке и неподвижности линзы, что нарушает полноценное моргание (Рис. 64). Если у линзы толстый профиль края или высокий аксиальный подъем края, область, прилегающая к периферии линзы, будет высыхать и вызывать окрашивание. Если линза слишком маленькая, открытая часть роговицы будет дегидратироваться и давать окрашивание, особенно у пациентов с синдромом сухого глаза. У пациентов с кератоконусом синдром сухого глаза может быть связан с атопическим заболеванием и дисфункцией желез века, и оба фактора способствуют периферическому окрашиванию. Чтобы решить проблему окрашивания:

- увеличьте диаметр линзы
- сделайте переднюю поверхность линзы лентиккулярной, чтобы уменьшить толщину края
- убедитесь в правильности величины подъема края и центрирования линзы.

Надлежащая гигиена век и лечение сухого глаза также чрезвычайно важны, чтобы обеспечить адекватное время ношения.

Частичное или линейное окрашивание, вызванное повреждением или инородным телом

Сливающееся окрашивание можно наблюдать, когда задняя поверхность линзы натирает или вызывает раздражение роговицы, обычно в результате слишком тесного контакта. В сочетании с попаданием инородного тела это может вызвать повреждение эпителия (Рис. 65). Для решения этой проблемы следует применять топографию роговицы и задней поверхности линзы. Возможные методы решения проблемы: очистить заднюю поверхность линзы, сгладить переходные зоны периферических кривых или попробовать асферический дизайн.

Вершинное окрашивание

Вершинное окрашивание (обычно спиралевидное) увеличивается, если контактная линза слишком плоская с вершинным касанием и чрезмерно подвижна (вершинная ротация) (Рис. 66). Это постоянное раздражение может привести к образованию рубцов (Рис. 67). В таких случаях необходимо ослабить давление линзы на вершине конуса.

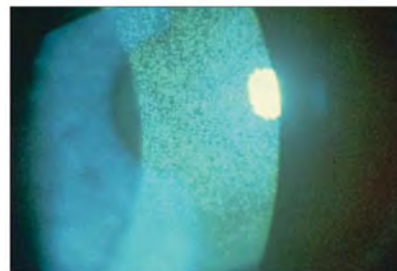


Рис. 63. Токсическое окрашивание

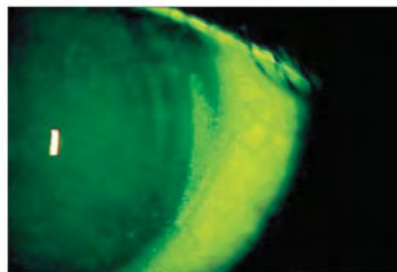


Рис. 64. Прокрашивание «на 3 и 9 часах»

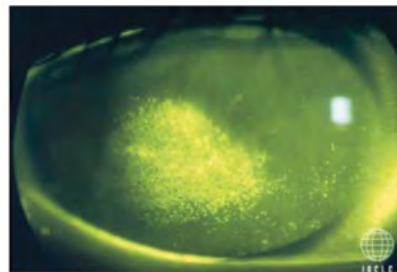


Рис. 65. Частичное окрашивание

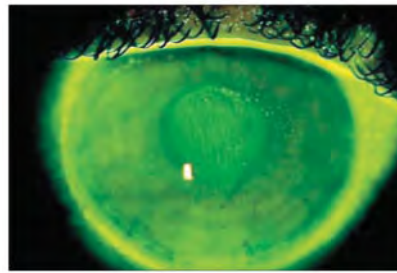


Рис. 66. Спиралевидное окрашивание над конусом: слишком маленький диаметр и крутой конус (децентрирование)

Вуалевидное прокрашивание

Вуалевидное прокрашивание вызывает давление пузырьков воздуха под линзой на поверхность роговицы. Оно не имеет долговременного физиологического значения, но может вызывать симптомы дискомфорта. Оно может влиять на качество зрения, если находится в центре. Через полчаса после снятия линз отпечатки пузырьков исчезают с поверхности роговицы. Чтобы решить эту проблему, необходимо уменьшить область зазора:

- уменьшая величину вершинного зазора (если пузырьки расположены над конусом)
- уменьшая BOZD (если пузырьки расположены вокруг конуса)
- уменьшая аксиальный подъем края (если они расположены на периферии линзы) (Рис. 68).

Зрение

Линзы с чрезмерно большим BOZD по сравнению с размером конуса будут иметь слишком большой вершинный зазор, а также могут иметь пузырьки воздуха над конусом и вокруг него, что ухудшает качество зрения. Линзы, у которых слишком маленький BOZD, могут децентрироваться, вызывая блики и снижение качества зрения. Решить данную зрительную проблему можно путем подбора BOZD, соответствующего диаметру конуса.

Линза с чрезмерным вершинным зазором будет прогибаться на роговице, вызывая флуктуирующее размытие при моргании. Линзу следует выровнять с вершиной линзы, и, если искривление линзы сохраняется после выравнивания BOZR, следует изменить толщину линзы в центре. Не надо подбирать линзы с чрезмерным касанием, чтобы добиться адекватного зрения (Zadnick (CLEK), Sorbara et al.). Минимальное вершинное касание, вероятно, приведет к наилучшей остроте зрения.

У кератоконусной роговицы аномально высокие уровни аберраций высших порядков, особенно сферических аберраций и комы, которые снижают зрение. Попытка скорректировать некоторые аберрации с помощью передней поверхности с асферической оптикой может помочь некоторым пациентам.

Децентрирование линзы

Если линза с маленьким BOZD подбирается на большой конус, то ее уменьшенный подъем (sag) вызовет скольжение линзы, и она может легко стать децентрированной. Аналогично линзы со слишком свободной периферией (высоким подъемом края) будут иногда децентрироваться при задевании верхним веком (Рис. 69). Свободная посадка влияет на качество зрения и может вызывать ухудшению физиологической реакции. Линзы с низким подъемом края и слишком большим вершинным зазором часто децентрируются вниз, мешая закрытию век при моргании и вызывая сухость (Рис. 70).

Вдавливание роговицы

Линза децентрируется, если у нее плоская периферия, соответствующая более плоской периферии роговицы, или, с другой стороны, крутая периферия, препятствующая движению линзы (и иногда вызывающая прилипание линзы к роговице). Залипание линзы обычно происходит во время ночного ношения линзы, но может возникать и во время дневного ношения у пациентов с кератоконусом из-за отсутствия адекватного объема слезной жидкости между линзой и роговицей. Водная часть слезного слоя выдавливается, и муциновый слой действует как клей между линзой и роговицей. В этих случаях следует изменить посадку линзы, а в течение дня необходимо дополнительно использовать увлажняющие капли, чтобы поддерживать смачивание и подвижность линзы (рис.71).

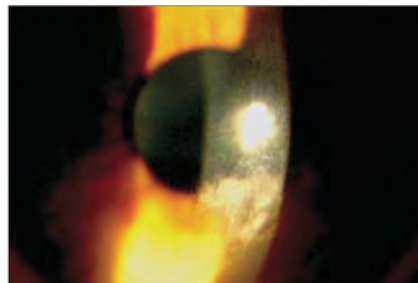


Рис. 67. Рубцевание конуса

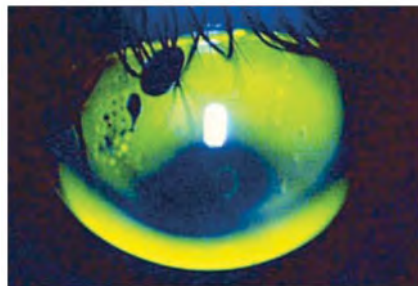


Рис. 68. Вуалевидное прокрашивание



Рис. 69. Слишком плоская периферия (линза децентрирована)

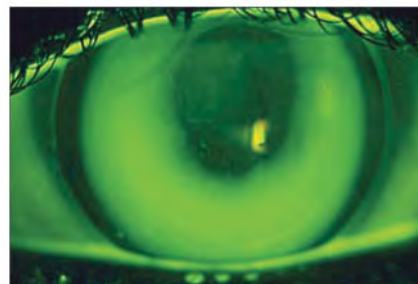


Рис. 70. Слишком крутая периферия (линза децентрирована книзу)

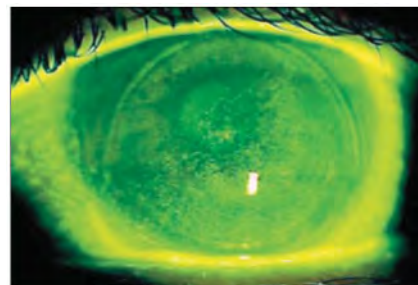


Рис. 71. Отпечаток на роговице от прилипшей линзы

9. Лутература

- Al Mezaine HS, Al Amro SA, Kangave D, et al. Comparison between central corneal thickness measurements by oculus pentacam and ultrasonic pachymetry. *Int Ophthalmol* 2008;28:333-8.
- Aldave AJ, Yellore VS, Salem AK, et al. No VSX1 gene mutations associated with keratoconus. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006;47:2820-2.
- Ang M, Mehta JS, Arundhati A, Tan DT. Anterior Lamellar Keratoplasty Over Penetrating Keratoplasty for Optical, Therapeutic, and Tectonic Indications: A Case Series. *Am J Ophthalmol* 2008.
- Auffarth GU, Wang L, Volcker HE. Keratoconus evaluation using the Orbscan Topography System. *J Cataract Refract Surg* 2000;26:222-8.
- Bahar I, Kaiserman I, Srinivasan S, et al. Comparison of three different techniques of corneal transplantation for keratoconus. *Am J Ophthalmol* 2008;146:905-12.
- Betts AM, Mitchell LG, Zadnik K. Visual performance and comfort with the Rose K lens for keratoconus. *Optom Vis Sci* 2002;79:493-501.
- Bilgihan K, Ozdek SC, Sari A, Hasanreisoglu B. Microkeratome-assisted lamellar keratoplasty for keratoconus: stromal sandwich. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:1267-72.
- Binder PS, Lindstrom RL, Stulting RD, et al. Keratoconus and corneal ectasia after LASIK. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:2035-8.
- Brancati F, Valente EM, Sarkozy A, et al. A locus for autosomal dominant keratoconus maps to human chromosome 3p14-q13. *J Med Genet* 2004;41:188-92.
- Brennan NA, Efron N, Carney LG. Critical oxygen requirements to avoid oedema of the central and peripheral cornea. *Acta Ophthalmol (Copenh)* 1987;65:556-64.
- Burger D, Zadnik K. Keratoconus: Contact Lenses for Pre- and Post-Surgery. St. Louis, Missouri. Mosby, 1997;21-52.
- Cheng AC, Rao SK, Lau S, et al. Central corneal thickness measurements by ultrasound, Orbscan II, and Visante OCT after LASIK for myopia. *J Refract Surg* 2008;24:361-5.
- Colin J, Velou S. Current surgical options for keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:379-86.
- Crews MJ, Driebe WT, Stern GA. The clinical management of keratoconus: a 6 year retrospective study. *CLAO J* 1994;20:194-7.
- Dao CL, Kok JH, Brinkman CJ, van M. Corneal eccentricity as a tool for the diagnosis of keratoconus. *Cornea* 1994;13:339-44.
- de Brabander, Chateau N, Marin G, et al. Simulated optical performance of custom wavefront soft contact lenses for keratoconus. *Optom Vis Sci* 2003;80:637-43.
- DeNaeyer GW, Breece R. Fitting techniques for a scleral lens design. *Contact Lens Spectrum* 2009;34-7.
- Donshik P, et al. The Use of Computerized Videokeratography as an aid in Fitting Rigid Gas Permeable Contact Lenses. *Trans Am Ophthalmol Soc* 1996;XCIV:135-45.
- Dupps WJ, Wilson SE. Biomechanics and wound healing in the cornea. *Exp Eye Res* 2006;83:709-20.
- Edrington TB, Barr JT, Zadnik K, et al. Standardized rigid contact lens fitting protocol for keratoconus. *Optom Vis Sci* 1996;73:369-75.
- Edrington TB, Szczotka LB, Barr JT, et al. Rigid contact lens fitting relationships in keratoconus. Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus (CLEK) Study Group. *Optom Vis Sci* 1999;76:692-9.
- Edrington TB, Szczotka LB, Begley CG, et al. Repeatability and agreement of two corneal-curvature assessments in keratoconus: keratometry and the first definite apical clearance lens (FDA CL). CLEK Study Group. Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus. *Cornea* 1998;17:267-77.
- Ertan A, Kamburoglu G. INTACS implantation using a femtosecond laser for management of keratoconus: Comparison of 306 cases in different stages. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:1521-6.
- Galin M, Berger R. Atopy and Keratoconus. *Am J Ophthalmol* 1958;45:904-6.
- Gasset AR, Lobo L. Dura-T semiflexible lenses for keratoconus. *Ann Ophthalmol* 1975;7:1353-7.
- Gemoules G. A novel method of fitting scleral lenses using high resolution optical coherence tomography. *Eye Contact Lens* 2008;34:80-3.
- Giasson CJ, Perreault N, Brazeau D. Oxygen tension beneath piggyback contact lenses and clinical outcomes of users. *CLAO J* 2001;27:144-50.
- Girard LJ, Soper JW. Indications for contact lenses or keratoplasty in keratoconus. *Ophthalmologica* 1965;150:161-6.
- Gonzalez-Mejome JM, Jorge J, de A, Parafita MA. Soft contact lenses for keratoconus: case report. *Eye Contact Lens* 2006;32:143-7.
- Gundel RE, Libassi DP, Zadnik K, et al. Feasibility of fitting contact lenses with apical clearance in keratoconus. *Optom Vis Sci* 1996;73:729-32.

Haque S, Jones L, Simpson T. Thickness mapping of the cornea and epithelium using optical coherence tomography. *Optom Vis Sci* 2008;85:E963-E976.

Haque S, Simpson T, Jones L. Corneal and epithelial thickness in keratoconus: a comparison of ultrasonic pachymetry, Orbscan II, and optical coherence tomography. *J Refract Surg* 2006;22:486-93.

Hom MM. Another perspective on keratoconus contact lens fitting. *J Am Optom Assoc* 1986;57:886-8.

Hood A. Advanced contact lens fitting: part 3 - hospital contact lens practice. *Optician* 1997;214:16-22.

Hughes AE, Dash DP, Jackson AJ, et al. Familial keratoconus with cataract: linkage to the long arm of chromosome 15 and exclusion of candidate genes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2003;44:5063-6.

Hutchings H, Ginisty H, Le G, et al. Identification of a new locus for isolated familial keratoconus at 2p24. *J Med Genet* 2005;42:88-94.

Kaluzny BJ, Fojt W, Szkulmowska A, et al. Spectral optical coherence tomography in video-rate and 3D imaging of contact lens wear. *Optom Vis Sci* 2007;84:1104-9.

Kaluzny BJ, Kaluzny JJ, Szkulmowska A, et al. Spectral optical coherence tomography: a new imaging technique in contact lens practice. *Ophthalmic Physiol Opt* 2006;26:127-32.

Karabatsas CH, Cook SD. Topographic analysis in pellucid marginal corneal degeneration and keratoglobus. *Eye* 1996;10 (Pt 4):451-5.

Kayazawa F, Nishimura K, Kodama Y, et al. Keratoconus with pellucid marginal corneal degeneration. *Arch Ophthalmol* 1984;102:895-6.

Kenney MC, Chwa M, Atilano SR, et al. Increased levels of catalase and cathepsin V/L2 but decreased TIMP-1 in keratoconus corneas: evidence that oxidative stress plays a role in this disorder. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005;46:823-32.

Kohlhaas M, Spoerl E, Schilde T, et al. Biomechanical evidence of the distribution of cross-links in corneas treated with riboflavin and ultraviolet A light. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:279-83.

Kok JH, van M. Piggyback lenses in keratoconus. *Cornea* 1993;12:60-4.

Korb DR, Finnemore VM, Herman JP. Apical changes and scarring in keratoconus as related to contact lens fitting techniques. *J Am Optom Assoc* 1982;53:199-205.

Krachmer JH, Feder RS, Belin MW. Keratoconus and related noninflammatory corneal thinning disorders. *Surv Ophthalmol* 1984;28:293-322.

Krachmer JH. Eye rubbing can cause keratoconus. *Cornea* 2004;23:539-40.

Kymionis G, Portaliou D. Corneal crosslinking with riboflavin and UVA for the treatment of keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:1143-4.

Kymionis GD, Siganos CS, Tsiklis NS, et al. Long-term follow-up of INTACS in keratoconus. *Am J Ophthalmol* 2007;143:236-44.

Lawless M, Coster DJ, Phillips AJ, Loane M. Keratoconus: diagnosis and management. *Aust NZ J Ophthalmol* 1989;17:33-60.

Lee BW, Jurkunas UV, Harissi-Dagher M, et al. Ectatic disorders associated with a claw-shaped pattern on corneal topography. *Am J Ophthalmol* 2007;144:154-6.

Lee LR, Readshaw G, Hirst LW. Keratoconus: the clinical experience of a Brisbane ophthalmologist. *Ophthalmic Epidemiol* 1996;3:119-25.

Lee R, Ahmed I. Anterior segment optical coherence tomography: Non-contact high resolution imaging of the anterior chamber. *Techniques in Ophthalmology* 2006;4:120-7.

Leung KK. RGP fitting philosophies for keratoconus. *Clin Exp Optom* 1999;82:230-5.

Li X, Rabinowitz YS, Tang YG, et al. Two-stage genome-wide linkage scan in keratoconus sib pair families. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006;47:3791-5.

Lim L, Wei RH, Chan WK, Tan DT. Evaluation of keratoconus in Asians: role of Orbscan II and Tomey TMS-2 corneal topography. *Am J Ophthalmol* 2007;143:390-400.

Lu F, Simpson T, Fonn D, et al. Validity of pachymetric measurements by manipulating the acoustic factor of Orbscan II. *Eye Contact Lens* 2006;32:78-83.

Mackie IA. Management of keratoconus with hard corneal lenses: The lens lid attachment technique. *Trans Ophthalmol Soc UK* 1977;97:131-5.

Maguire LJ, Klyce SD, McDonald MB, Kaufman HE. Corneal topography of pellucid marginal degeneration. *Ophthalmology* 1987;94:519-24.

Mandell RB. Contemporary management of keratoconus. *Int Contact Lens Clin* 1997;24:43-58. Mannis MJ, Zadnik K. Contact lens fitting in keratoconus. *CLAO J* 1989;15:282-9.

Marsack JD, Parker KE, Applegate RA. Performance of wavefront-guided soft lenses in three keratoconus subjects. *Optom Vis Sci* 2008;85:E1172-E1178.

Matsuda J, Hieda O, Kinoshita S. Comparison of central corneal thickness measurements by Orbscan II and Pentacam after corneal refractive surgery. *Jpn J Ophthalmol* 2008;52:245-9.

Mazzotta C, Balestrazzi A, Traversi C, et al. Treatment of progressive keratoconus by riboflavin-UVA-induced cross-linking of corneal collagen: ultrastructural analysis by Heidelberg Retinal Tomograph II in vivo confocal microscopy

in humans. *Cornea* 2007;26:390-7.

McMonnies CW. Keratoconus fittings: apical clearance or apical support? *Eye Contact Lens* 2004;30:147-55.

McMonnies CW. The evidentiary significance of case reports: eye rubbing and keratoconus. *Optom Vis Sci* 2008;85:262-9.

Moezzi AM, Fonn D, Simpson TL, Sorbara L. Contact lens-induced corneal swelling and surface changes measured with the Orbscan II corneal topographer. *Optom Vis Sci* 2004;81:189-93.

Nilforoushan MR, Speaker M, Marmor M, et al. Comparative evaluation of refractive surgery candidates with Placido topography, Orbscan II, Pentacam, and wavefront analysis. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:623-31.

Norman C, Caroline PJ. Step-by-step approach to managing keratoconus patients with RGPs. *Contact Lens Forum* 1986;11:25-31.

O'Donnel C, Codina CM. A hyper-Dk piggyback contact lens system for keratoconus. *Eye Contact Lens* 2004;30:44-8.

Owen H, Watters GA. An evaluation of the keratoconic cornea using computerised corneal mapping and ultrasonic measurements of corneal thickness. *Ophthalmic Physiol Opt* 1996;16:115-23.

Ozkurt YB, Sengor T, Kurna S, et al. Rose K contact lens fitting for keratoconus. *Int Ophthalmol* 2007.

Paik DC, Wen Q, Braunstein RE, et al. Initial Studies Using Aliphatic Nitro Alcohols for Therapeutic Corneal Cross-linking. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008.

Parker J, Ko WW, Pavlopoulos G, et al. Videokeratography of keratoconus in monozygotic twins. *J Refract Surg* 1996;12:180-3.

Paul T, Lim M, Starr CE, et al. Central corneal thickness measured by the Orbscan II system, contact ultrasound pachymetry, and the Artemis 2 system. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:1906-12.

Rabinowitz Y, Dong L, Wistow G. Gene expression profile studies in human keratoconus cornea for NEIBank. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005;46:1239-46.

Rabinowitz YS, Garbus JJ, Garbus C, McDonnell PJ. Contact lens selection for keratoconus using a computer-assisted videophotokeratoscope. *CLAO J* 1991;17:88-93.

Rabinowitz YS, Rasheed K, Yang H, Elashoff J. Accuracy of ultrasonic pachymetry and videokeratography in detecting keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 1998;24:196-201.

Rabinowitz YS. Keratoconus. *Surv Ophthalmol* 1998;42:297-319.

Raiskup-Wolf F, Spoerl E. Reply: Long-term results of collagen crosslinking with riboflavin and UVA in keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:1617.

Randleman JB, Woodward M, Lynn MJ, Stulting RD. Risk assessment for ectasia after corneal refractive surgery. *Ophthalmology* 2008;115:37-50.

Rao SN, Raviv T, Majmudar PA, Epstein RJ. Role of Orbscan II in screening keratoconus suspects before refractive corneal surgery. *Ophthalmology* 2002;109:1642-6.

Rose P. Improving a keratoconus lens design. *Contact Lens Spectrum* 2005;20:38-42. Shapiro MB, France TD. The ocular features of Down's syndrome. *Am J Ophthalmol* 1985;99:659-63. Shovlin JP. Primary Eyecare: Contact lens "fits" over problem eyes. Vol. 3. 1984;67-9. Sindt CW. Basic scleral lens fitting and design. *Contact Lens Spectrum* 2008;23:32-6.

Sonmez B, Doan MP, Hamilton DR. Identification of scanning slit-beam topographic parameters important in distinguishing normal from keratoconic corneal morphologic features. *Am J Ophthalmol* 2007;143:401-8.

Sorbara L, Chong T, Fonn D. Visual acuity, lens flexure, and residual astigmatism of keratoconic eyes as a function of back optic zone radius of rigid lenses. *Cont Lens Anterior Eye* 2000;23:48-52.

Sorbara L, Fonn D, Holden BA, Wong R. Centrally fitted versus upper lid-attached rigid gas permeable lenses: part I. design parameters affecting vertical decentration. *Int Cont Lens Clin* 1996;23:99-104.

Sorbara L, Fonn D, Holden BA, Wong R. Centrally fitted versus upper lid-attached rigid gas permeable lenses: part II. a comparison of the clinical performance. *Int Cont Lens Clin* 1996;23:121-7.

Sorbara L, Luong J. Contact lens fitting guidelines for the keratoconic patient using videokeratographic data. *Practical Optometry* 1999;10:238-43.

Sridhar MS, Mahesh S, Bansal AK, et al. Pellucid marginal corneal degeneration. *Ophthalmology* 2004;111:1102-7.

Steele C. Contact lens fitting today - fitting for the irregular cornea. *Optometry Today(UK)* 2005;45:32-9.

Szczotka LB, Thomas J. Comparison of axial and instantaneous videokeratographic data in keratoconus and utility in contact lens curvature prediction. *CLAO J* 1998;24:22-8.

Tabbara KF, Kotb AA. Risk factors for corneal ectasia after LASIK. *Ophthalmology* 2006;113:1618-22.

Tan BU, Purcell TL, Torres LF, Schanzlin DJ. New surgical approaches to the management of keratoconus and post-LASIK ectasia. *Trans Am Ophthalmol Soc* 2006;104:212-20.

Tang M, Shekhar R, Miranda D, Huang D. Characteristics of keratoconus and pellucid marginal degeneration in mean curvature maps. *Am J Ophthalmol* 2005;140:993-1001.

Teng C. Electron microscope study of the pathology of Keratoconus: Part 1. *Am J Ophthalmol* 1963;55:18-47. Trimarchi F, Poppi E, Klersy C. [Deep lamellar keratoplasty]. *JFr Ophthalmol* 2002;25:718-21.

- Tsubota K, Mashima Y, Murata H, Yamada M. A piggyback contact lens for the correction of irregular astigmatism in keratoconus. *Ophthalmology* 1994;101:134-9.
- Tynnismaa H, Sistonen P, Tuupanen S, et al. A locus for autosomal dominant keratoconus: linkage to 16q22.3-q23.1 in Finnish families. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2002;43:3160-4.
- Visser ES, Visser R, van Lier HJJ, Otten HM. Modern scleral lenses, Part I: Clinical features. *Eye Contact Lens* 2007;33:13-20.
- Visser ES. Advanced contact lens fitting: part 5 - the scleral contact lens - clinical indications. *Optician* 1997;214:15-20.
- Wang Y, Rabinowitz YS, Rotter JI, Yang H. Genetic epidemiological study of keratoconus: evidence for major gene determination. *Am J Med Genet* 2000;93:403-9.
- Ward MA, Artunduaga G, Thompson KP, et al. Phototherapeutic keratectomy for the treatment of nodular subepithelial corneal scars in patients with keratoconus who are contact lens intolerant. *CLAO J* 1995;21:130-2.
- Wasserman D, Itzkowitz J, Kamenar T, Asbell P. Corneal topographic data: its use in fitting aspheric contact lenses. *CLAO J* 1992;18:83-5.
- Wei RH, Lim L, Chan WK, Tan DT. Evaluation of Orbscan II corneal topography in individuals with myopia. *Ophthalmology* 2006;113:177-83.
- Winkler T. Corneo-scleral rigid gas permeable contact lens prescribed following penetrating keratoplasty. *Int Cont Lens Clin* 1998;25:86-8.
- Wollensak G, Sporn E, Reber F, et al. Corneal endothelial cytotoxicity of riboflavin/UVA treatment in vitro. *Ophthalmic Res* 2003;35:324-8.
- Wollensak G. Crosslinking treatment of progressive keratoconus: new hope. *Curr Opin Ophthalmol* 2006;17:356-60.
- Woodward E. The role of rigid contact lenses in the management of keratoconus. *J Brit Contact Lens Assoc* 1991;14:211-7.
- Zadnik K, Barr JT, Edrington TB, et al. Baseline findings in the Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus (CLEK) Study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1998;39:2537-46.
- Zadnik K, Barr JT, Steger-May K, et al. Comparison of flat and steep rigid contact lens fitting methods in keratoconus. *Optom Vis Sci* 2005;82:1014-21.
- Zadnik K, Mutti DO. Contact lens fitting relation and visual acuity in keratoconus. *Am J Optom Physiol Opt* 1987;64:698-702.
- Zadnik K. Meet the challenge of fitting the irregular cornea. *Rev Optom* 1994;131:77-83.

Этиология и генетика

Причины возникновения кератоконуса остаются до сих пор неизвестными. Многие факторы могут быть связаны с кератоконусом, включая:

- трение глаз руками
- ношение контактных линз
- аллергия и/или атопические заболевания
- синдром Дауна
- патология соединительной ткани
- наследственность

Rabinowitz (1998) установил, что пациенты с кератоконусом чаще трут глаза: 80% по сравнению с 58% в нормальной популяции. В том же исследовании сообщалось, что у 44% пациентов с кератоконусом были аллергические заболевания, в нормальной популяции – у 36%. Также у 15% пациентов с кератоконусом и у 12% в нормальной популяции были проблемы с подвижностью суставов. У 10% населения с кератоконусом это заболевание было у одного или нескольких членов семьи, только у 0,5% в нормальной популяции.

Сообщалось, что с кератоконусом связано девять различных хромосом, и многие признаки указывают также, что причины могут быть генетическими:

- билатеральность (в 96% случаев)
- топографические карты роговицы (полученные с помощью видеокератоскопии)
- наследственность (10-23%)
- исследования близнецов – совпадения у однояйцевых близнецов имеют генетический характер
- сегрегационный анализ (индекс сегрегации = доле исследуемых в группе близких родственников, которая в среднем будет выражать заболевание)
- исследования генетических связей и проявлений

Ген лизил оксидазы (LOX) играет роль в образовании поперечных сшивок коллагеном, и его мутации могут играть роль в развитии кератоконуса. Исследование экспрессии гена привело к открытию супрессии Aquaporin 5 (гена, отвечающего за транспорт воды и играющего роль в заживлении ран) в эпителии роговицы у пациентов с кератоконусом. Это был первый молекулярный дефект, установленный при кератоконусе.

С другой стороны, некоторые исследования указывают, что за развитие болезни могут быть ответственны факторы окружающей среды.

Kenney с соавт. (IOVS 2005) показали, что окислительный стресс роговицы приводит к истончению роговицы. Этот стресс ведет к увеличению апоптозов и механической нестабильности. Активация ферментов деградации также ведет к неправильной регуляции восстановительного процесса, приводящей к чрезмерному воспалению и помутнению стромы. Еще одно доказательство этого выявлено в исследованиях эктазии роговицы после LASIK, проведенных Dupps, Randlema, Binder, Rabinowich и Tabbara. Хирургическая операция сама по себе становится источником окислительного стресса роговицы, вызывающего накопление аномальных антиоксидантов (пероксида, перекиси водорода и окиси азота), приводя к неправильному функционированию клеток и истончению роговицы.

Обсуждаются также и другие взгляды на этиологию кератоконуса: является ли он дефектом эпителиального (эктодермального) слоя или дефектом стромы роговицы (мезенхимального или коллагенового слоя). Локализован ли дефект в базальном слое эпителия, и только после этого появляются повреждение стромы, или наоборот, он появляется, когда уже повреждены оба слоя роговицы.

Более вероятно, что в развитии кератоконуса принимает участие несколько генов, взаимодействие которых в сочетании с многочисленными механическими факторами в конечном итоге запускает механизм развития болезни.

Приложение В

Хирургическая коррекция кератоконуса

Сквозная кератопластика (по всей толщине)

Это наиболее часто выполняемая операция при кератоконусе (у 26% пациентов). От 80% до 90% таких операций проходят успешно. Техника операции состоит в удалении 8 мм лоскута (всех слоев роговицы) и трансплантации донорского 8,25 мм лоскута. Операция выполняется с использованием техники двойного непрерывного шва, включая от 4 до 8

прерывающихся швов (рис.1). Спустя 1,5 - 6 месяцев пациенту подбирают контактные линзы для коррекции правильного астигматизма, который обычно возникает после этой операции. Отторжение трансплантата происходит в 18% случаях, главным образом из-за неоваскуляризации роговицы пациента до операции (рис.2)

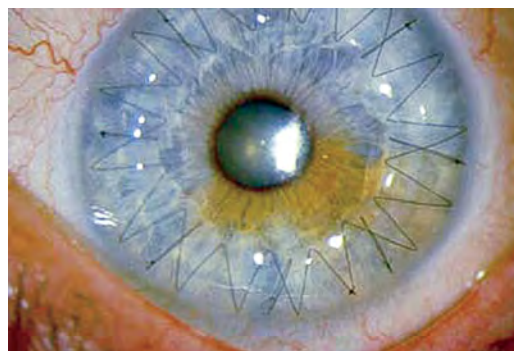


Рис. 1. Швы при сквозной кератопластике

Ламеллярная кератопластика (послойная)

Глубокая ламеллярная кератопластика

Это операция (РКР, при которой удаляется более 90% эпителия роговицы и стромы пациента (ламеллярная диссекция), которая заменяется донорской роговицей полной толщины с удаленной десцеметовой мембраной. Эта операция не приводит к потере клеток эндотелия и, следовательно, к отторжению эндотелия. Она также способствует структурной целостности, снижает астигматизм и позволяет раньше снять швы. К сожалению, более толстая роговица вызывает постериорное выпячивание и помутнение, что в результате приводит к снижению остроты зрения с наилучшей коррекцией.

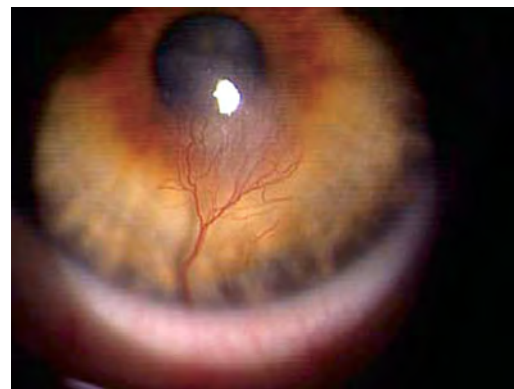


Рис. 2. Неоваскуляризация и кератоконус

Ламеллярная кератопластика с лоскутами разной толщины

Цель данной операции – восстановить нормальную толщину роговицы. Роговицу пациента уменьшают до 200 микрон и донорскую до 400 микрон, а затем выполняется та же процедура, как и при глубокой ламеллярной кератопластике. Результаты лучше, чем при глубокой ламеллярной кератопластике в случаях, которые были опубликованы, и авторы считают, что эта операция может быть разумной альтернативой сквозной кератопластике в некоторых случаях (Tan et al., 2006).

Интраламеллярная кератопластика

Микрокератом используется для того, чтобы вырезать лоскут на роговице пациента размером 9 мм, а часть донорской роговицы вырезается с помощью трепана размером 7,0-7,5 мм. Донорская ткань подшивается на строму пациента. Эта операция была описана как вживление интраламеллярной ткани. Спустя шесть месяцев выполняется PRK или LASIK для коррекции остаточного астигматизма.

Другой метод состоит в создании с помощью лазера Intralase ламеллярного кармана на роговице пациента размером 10 мм. В стромальный «карман» вставляется донорская ткань размером 9 мм и толщиной 200-300 мкм. К сожалению, эта процедура приводит к засорению границы раздела остатками тканей, отеку средней степени и увеличению толщина роговицы на 100-200 мкм.

Имплантация интрастромальных колец (INTACS)

Интрастромальные кольца представляют собой точно выточенные из полиметилметакрилата (PMMA) дуги размером 150° (рис.3). С помощью лазера создают тоннели, в которые вставляются INTACS. Нижняя дуга более толстая (0,45 мм толщина и радиус кривизны 8,1 мм), чтобы создать «лифт», а верхняя более тонкая (0,25 мм толщиной и радиус 6,8 мм), чтобы сделать роговицу более плоской.

Имплантация INTACS наиболее успешна:

- при раннем и умеренном кератоконусе, когда конус смещен книзу (как при пеллюцидной краевой дегенерации (PMD))
- при показаниях кератометрии меньше 54,00 D (6,25 мм), сферический эквивалент меньше -5,00 D
- если кольца внедряются в самом крутом меридиане
- если имеется лишь минимальное рубцевание по направлению зрительной оси

Интрастромальные кольца могут быть заменены или удалены; эта процедура менее инвазивная, чем кератопластика; рассчитанное заранее уплощение роговицы может улучшить зрение без коррекции. Недостаток метода состоит в том, что если *in situ* присутствует остаточная дисторсия роговицы и/или некорректируемая ошибка рефракции, то подбор контактных линз будет затруднен.

Кросслинкинг

Процедура кросслинкинга роговичного коллагена с использованием 0,1% рибофлавина и 20% декстрана Т 500 сегодня применяется для лечения прогрессирующего кератоконуса. Процедура проводится для усиления жесткости или механической прочности коллагена стромы роговицы путем фотополимеризации стромальных волокон, используя для этого фоточувствительную субстанцию (СЗ-Р) и ультрафиолетовый свет. Операцию проводят на ранних стадиях кератоконуса, и она длится приблизительно 1 час.

Удаляется эпителий роговицы в зоне диаметром 9 мм, затем инстиллируется раствор рибофлавина за пять минут до начала облучения УФ-А и после начала облучения каждые 5 минут в течение 30 минут. На роговицу (в зоне диаметром 7 мм) воздействуют ультрафиолетовым светом в течение 30 минут. По окончании облучения пациенту закапывают антибактериальные капли и надевают бандажные контактные линзы, чтобы защитить поверхность роговицы до полного восстановления эпителия роговицы.

Хотя это лечение считается долговременным, было отмечено, что укрепляющий эффект со временем может снижаться и может потребоваться повторное лечение. Большое число исследований, проведенных на глазах свиней и кроликов, показало, что эффект от кросслинкинга не распределяется однородно по всей глубине роговицы и что эффект укрепления максимален в верхних слоях роговицы на толщине 200-300 микрон из-за высокого уровня поглощения УФ в этих верхних слоях. Отдаленные результаты применения методика на глазах человека обнадеживают, хотя из 50-60% прооперированных пациентов, у которых наблюдалось улучшение остроты зрения более чем на 1 строчку, только 20-29% пациентов сохранили достигнутый уровень зрения в течение более чем 3-х лет. С помощью конфокального микроскопа было показано, что требуется от трех до шести месяцев для исчезновения отека стромы и восстановления стромальных кератоцитов. На глубокие слои стромы роговицы, лежащие ниже 350 мкм, метод не воздействует, и плотность эндотелия и морфология остаются неизменными. Роговицы животных, толщина которых была менее 400 мкм, показали эндотелиальную цитотоксичность при сочетании УФ-А излучения и агента, который применяется для кросслинкинга, что указывает на то, что при тонких роговицах данная операция не принесет успеха.



Рис. 3. INTACS, белый свет



Рис. 4. Изображение поперечного сечения интрастромальных колец

Приложение С

Диагностика кератоконуса с помощью кератопографа Orbscan II

Orbscan II – это прибор, использующий компьютерный анализ изображения оптической сканирующей щели для получения 3-х мерного изображения роговицы. Прибор определяет радиус сферы, которая наилучшим образом описывает поверхность роговицы в средне-периферической зоне (так называемой best fit sphere, BFS), и описывает отклонение поверхности роговицы от этой сферы (элевацию) в микронах или миллиметрах. На основе анализа полученных карт элевации получают характеристики, позволяющие судить о состоянии роговицы.

Значения, свидетельствующие об отклонениях от нормы:

- наименьшая толщина роговицы <470 мкм
- разница в толщине в центральной зоне (7 мм) и в точке наименьшей толщины >100 мкм
- точка наименьшей толщины удалена от центра карты более чем на 2,5 мм
- максимальное значение оптической силы (в центральной зоне 7 мм) >45,50 D (7,42 мм)
- асимметричный/неправильный вид галстука-бабочки на тангенциальной карте передней поверхности роговицы
- разница в осевой оптической силе передней поверхности в центральной зоне 3 мм >3,00 D
- радиус BFS 55,00 D и выше (6,14 мм)
- максимальная элевация задней поверхности в центре 5 мм >50 мкм
- ассиметричный вид карты элевации передней и задней поверхности
- положение максимальной элевации передней поверхности соответствует (+/-1 мм) положению максимальной элевации задней поверхности или положению максимального тангенциального радиуса или положению точки минимальной пахиметрии
- нижнее/темпоральное положение точки максимальной элевации передней и задней поверхностей
- отношение радиусов (мм) BFS передней и задней поверхности >1,2

Исследования показали, что наилучшим индикатором начальной стадии кератоконуса является элевация центральной зоны задней поверхности роговицы больше чем на 40-50 мкм.



Рис. 1. Элевационная карта с BFS, полученная с помощью Orbscan II

Приложение D

Подбор полу- и минисклеральных линз

Линзы большого диаметра, от 14,5 до 18,2 мм, лучше всего подбирать с использованием измерений сагиттального подъема роговицы. Оптический когерентный томограф Visante OCT позволяет получать изображение поперечного (аксиального) среза переднего отрезка глаза, что дает возможность оценить сагиттальную толщину роговицы на любой длине хорды. Новые модификации корнеотопографов обладают возможностью измерять сагиттальный подъем роговицы. Это измерение помогает выбрать первоначальную пробную линзу, особенно для пациентов с развитым кератоконусом (или для пациентов после хирургической операции). Линзы мини-склерального дизайна, для которых указывается сагиттальный подъем, выбираются в соответствии с измерением подъема роговицы, что упрощает подбор пробной линзы. Для других линз, для которых не указан сагиттальный подъем, его можно рассчитать вручную по заданному диаметру линзы, эксцентриситету и центральному радиусу (формула расчета приведена в главе 6) или по номограмме подбора, основанной на значениях К в центре, или по астигматизму роговицы. Оценивая подбор этих линз, не забудьте перед надеванием линзы закапать флюоресцеин в чашу линзы, предварительно заполненной физраствором или увлажняющими каплями без консервантов.

Подбор центрального сагиттального подъема

Если сагиттальный подъем контактной линзы меньше, чем сагиттальный подъем роговицы, то у линзы будет плоская посадка (рис. 1). Чрезмерно плоская посадка линз с высоким периферическим зазором над переходной областью лимб-склера приведет к появлению пузырьков воздуха в этой зоне, как показано на рис. 2. Сагиттальный подъем, значительно больший сагиттального подъема роговицы, приведет к чрезмерному зазору между роговицей и линзой и появлению в центре большого пузыря воздуха, как показано на рис. 3. Уменьшение сагиттальной глубины контактной линзы устранил находящийся в центре пузырь воздуха. Правильное соответствие подъема роговицы и подъема линзы приведет к улучшению посадки несколько более крутой линзы на роговице (рис. 4).

Подбор средне-периферической или лимбальной зоны

Необходим зазор под средне-периферической зоной линзы; это та зона, которая находится над лимбальной областью (это видно при окрашивании флюоресцеином). Любое соприкосновение линзы с роговицей в этой области вызывает трение и дискомфорт, а с другой стороны, чрезмерный зазор приводит к появлению пузырьков воздуха, из-за которых может появиться сухость роговицы. Средняя периферия линзы может быть сделана более плоской (если происходит чрезмерное давление) или крутой (если образуются пузырьки воздуха) в зависимости от обстоятельств. Кроме того, диаметр линзы можно увеличить (при чрезмерном давлении) или уменьшить (при наличии пузырьков), если имеется выбор диаметров.

Подбор склеральной зоны

Склеральную зону линзы следует выровнять над конъюнктивой без соприкосновения с ней или чрезмерного зазора, чтобы обеспечить максимальный комфорт и облегчить снятие линзы. Если склеральная зона слишком крутая и соприкасается с конъюнктивой, кровеносные сосуды конъюнктивы будут выглядеть более бледными в месте соприкосновения края линзы и конъюнктивы. Между лимбом и краем линзы может появиться отек, который будет заметен после снятия линзы, что указывает на неправильность подбора этой зоны. В данном случае нужны более плоские периферии, но при этом следует избегать слишком плоской периферии. Чрезмерно плоская периферия вызовет дискомфорт и, возможно, приведет к смещению линзы, а этого следует избегать.

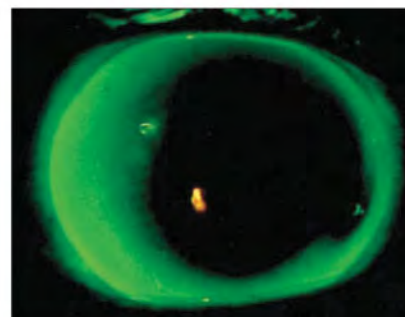


Рис. 1. Плоская линза

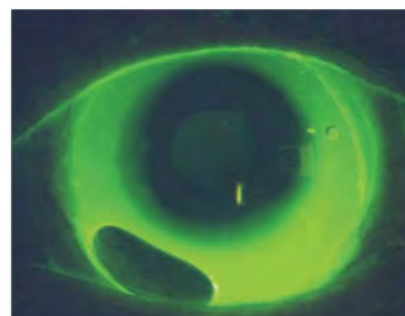


Рис. 2. Плоская линза с пузырьком воздуха на периферии



Рис. 3. Крутая линза с пузырьком воздуха в центре

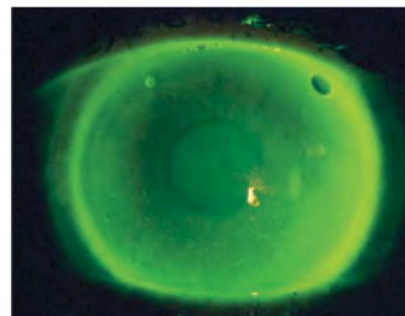


Рис. 4. Идеальная посадка

Приложение E

Примеры подбора

Пример подбора: центральный или сосцевидный конус (ранняя стадия)

Пациент SP, 17 лет, пришел с жалобами на плохое зрение, особенно ночью, не смотря на то, что недавно ему были выписаны новые очки. У этого пациента в анамнезе аллергия, использует глазные капли при возникновении симптомов сухости глаз. Анамнез (зрительный, личный и семейный) был негативный, никакие другие лекарства он не принимал.

Зрительные характеристики:

HVID: 11 мм, PA=10 мм, PS (размер зрачка при дневном свете) =1,78 мм.

Время разрыва слезной пленки: 9 сек.(OU)

Ретиноскопия: рефлекс нерегулярной ретиноскопии (ножниц) с затрудненным определением конечной точки из-за неортогонального или нерегулярного астигматизма и изменения оси от правильной к наклонной и изменения силы астигматизма со времени последнего визита.

Острога зрения: скорректирована до 6/7,5⁻²

(такая запись означает, что в строке 6/7,5 пропущены 2 знака)

Биомикроскопия: роговица, конъюнктивa, веки и ресницы:

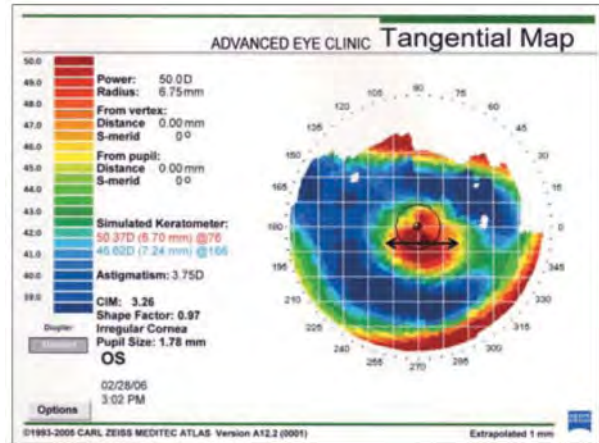


Рис. 1: Топография роговицы

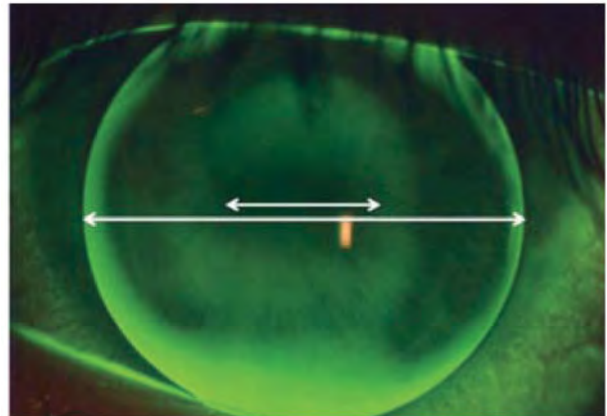


Рис. 2. Флюоресцеиновое прокрашивание

Признаки	Есть	Нет
Симптом Мансона		?
Кольцо Фляйшера	?	
Стрии Фогта		?
Субэпителиальные фибриллярные линии	?	
Проминирующие нервы роговицы	?	
Рубцевание роговицы		?
Истончение роговицы	?	
Неоваскуляризация		?
Конъюнктивальная гиперемия	?	
Центральное прокрашивание роговицы		?
Периферийное прокрашивание роговицы		?
Блефарит	?	
Дисфункция мейбомиевых желез	?	

Топография роговицы:

Симулированные значения К (D, мм)	46,62 (7,24)@166/50,37 (6,7)@076
Астигматизм роговицы (D)	-3,75 x 166
Среднее значение К (D, мм)	48,40 (6,96)
Самое крутое значение К (D)	50,00
Самый крутой диаметр конуса (мм)	2
Общий диаметр конуса (мм)	4,5
Q, е и р величины *	0,97, 0,98, 0,03

*Q – (асферичность) = e^2 , е=эксцентricность, р (фактор формы) = 1-Q

Этапы подбора

Шаг 1: Задняя оптическая зона/определение общего диаметра (BOZD/LD)

У этого пациента ранняя стадия центрального или сосцевидного конуса. По мере прогрессирования конуса (укручения) диаметр конуса будет становиться меньше. Этому пациенту подойдут пробные линзы с плавающим типом BOZD, т.к. BOZDs маленькие и соотносятся с BOZR, то можно подобрать любую пробную линзу с меньшими BOZDs. Подбор BOZD к диаметру конуса приведет к лучшему соответствию между подъемом (sag) роговицы и подъемом линзы (sag) по хорде оптической зоны.

Тип конуса	Диаметры конуса	BOZD	LD
Центральный конус: средний	4,0 – 5,0 мм	7,4 – 8,1 мм	9,4 – 9,6 мм

Для пробного подбора была выбрана следующая линза (см. Таблицу 2, Вестник Оптометрии, 2012, №3, стр.44).

Шаг 2: Определение радиуса задней оптической зоны (BOZR)

Тип конуса	Диаметры конуса	BOZD	LD
Центральный конус: средний	4,0 мм	5,5 мм	9,4 мм

Радиус задней оптической зоны определяется путем рассмотрения двух параметров: первый, величина астигматизма роговицы (таблица А) и второй, размер BOZD (таблица В). Чтобы перевести миллиметры в диоптрии, используйте следующую формулу: $337,5/\text{мм} = D$ или $337,5/D = \text{мм}$

Таблица А: астигматизм роговицы

ΔK (D)	BOZR (D) (9,4 LD)
от -0,25D до - 3,75D	Плоский К (D) – 0,609 x (ΔK)
от -4,00 до - 7,50D	Плоский К (D) – 0,491 x (ΔK)*
от -7,75 до - 16,75D	Плоский К (D) – 0,354 x (ΔK)

*Средний К для 7,4 мм BOZD

Таблица В: размер BOZD

Плавающий BOZD	BOZR (мм)
3,0-3,7 мм	Средний К (мм) - 0,4 мм
3,8-4,9 мм	Средний К (мм) - 0,35 мм
5,0-6,1 мм	Средний К (мм) – 0,3 мм
6,2-7,3 мм	Средний К (мм) 0,2 мм
7,4-8,0 мм	Средний К (мм)
>8,1 BOZD	Средний К (мм) +0,2 мм

Для этого дизайна линзы, где общий диаметр (TD) - 9,4, диаметр задней оптической зоны (BOZD) -7,4, а центральная часть линзы сферическая, первоначальный BOZD можно рассчитать следующим образом:

ΔK (D)	BOZR (D) (9,4 LD/7,4 BOZD)
-3,75D	Средний К = 48,50D (6,96 мм)

Шаг 3: Выбор пробной линзы

а) Смотри Таблицу 2, Вестник Оптометрии, 2012, №3, стр.44 для примера параметров пробной линзы, где диаметр задней оптической зоны (BOZD) изменяется не только с диаметром линзы (LD), но и с радиусом задней оптической зоны (BOZR). По мере укрупнения BOZR, BOZD уменьшается в размере. У выбранной линзы BOZD меньше (5,5 вместо 7,4) и поэтому BOZR необходимо скорректировать $(6,96-0,3 \text{ мм})=6,66 \text{ мм}$. См. Таблицу В.

BOZR	BOZD	Периферийный AEL	Сила
6,66	5,50	«Стандарт»	-6,00D

Шаг 4: Оценка подбора линзы

Посадку линзы оценивают по центрированию и движению линзы при моргании. Затем оценивают флюоресцентное прокрашивание, используя кобальтовый и желтый Wratten #12 фильтры. Смотри блок-схему на стр. 42, Вестник оптометрии, 2012, №7.

В данном случае центральная посадка приемлема, но посадка на периферии будет слишком крутая. Это произошло из-за высокого значения эксцентricности этой роговицы и из-за того, что аксиальный подъем края (AEL) линзы не дает достаточного аксиального зазора края на глазу.

	Начальный	Скорректированный
BOZR	6,66	без изменений
BOZD	5,50	без изменений
TD	9,40	без изменений
Периферия (AEL)	«стандарт»	Плоский #2

Шаг 5: Овер-рефракция/определение силы

Выполните овер-рефракцию на пробной контактной линзе, чтобы предсказать оптическую силу контактной линзы. Использование авторефрактометра может быть полезным в таких случаях, т.к. обычно присутствует небольшое количество остаточного астигматизма, который трудно определить с помощью ретиноскопии. Авторефрактометр даст очень хорошую отправную точку для выбора субъективной овер-рефракции. Определяется лучшая сила сферы и в случае если она $>-4,00D$ делается вертексная поправка. Торические дизайны не используют для коррекции остаточного астигматизма из-за его нерегулярности. Измеряется острота зрения в условиях высокого контраста.

Сила КЛ	-6,00D
Овер-рефракция (сферо-цил.) (авторефрактометр)	-4,00/-1,25x152
Лучшая сфера	-5,00
С учетом вертексной поправки/острота зрения	-4,75D 6/6 HCVA
Конечная сила КЛ = CL VVP+учет вертексной поправки	-10,75D

Шаг 6: Итоговый заказ контактной линзы

Заказ линзы будет включать в себя:

Итоговый дизайн линзы: жесткая газопроницаемая <input type="checkbox"/> сферическая <input type="checkbox"/> асферическая <input type="checkbox"/> мультикривизновая								
Лаборатория:					Название линзы:			
R	BOZR	SCR/W	PCR/W	Диаметр	BOZD	Сила	СТ	Цвет
L	6,66	Плоский#2	Плоский#2	9,4	5,5	-10,75	0,14	Голубой
Дополнительные параметры:								
Комментарии: BOZR будет круче на 0,05 до 6,55 мм, а сила будет -11,25 после проверки линзы, чтобы компенсировать изменение в подъеме, вызванное более плоской периферией.								

Шаг 7: Доставка линз и наблюдение

Линзы заказывались из материалов с высоким Dk для оптимизации физиологического здоровья и с плазменной обработкой для повышения комфорта. Пациенту рекомендовалось продолжить использование искусственной слезы при ношении линз. Когда пациент получил линзы, посадка и зрительные характеристики соответствовали посадке и зрительным характеристикам, которые наблюдались при подборе диагностических линз. Спустя две недели после начала ношения повторный осмотр показал превосходные результаты. Пациенты с кератоконусом наблюдаются чаще в первые три месяца, так как посадка и сила линз корректируется. Рекомендуется регулярный осмотр каждые три месяца, чтобы контролировать посадку и физиологические реакции на линзы, а каждые шесть месяцев необходимо повторить топографию роговицы и пахиметрию.

Пример подбора

Пример подбора: Овальный конус (тяжелая стадия)

Пациент JS, 49 лет, пришел с жалобами на плохое зрение, особенно в темноте, а также в целом, несмотря на то, что недавно ему были подобраны новые очки. В анамнезе аллергия и периодическое использование глазных капель в связи с симптомами сухости глаз. Анамнез (зрительный, личный и семейный) был негативный, никакие другие лекарства он не принимал.

Зрительные характеристики:

HVID: 11,0 мм, PA=10 мм, PS (размер зрачка при дневном свете) = 3,34 мм.

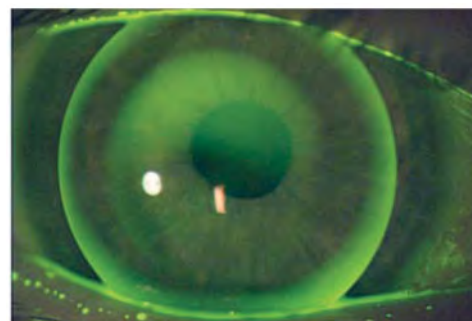
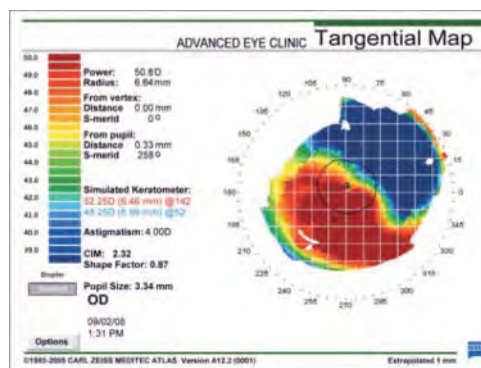
Время разрыва слезной пленки (TBUT): 8 с (OU)

Ретиноскопия: рефлекс нерегулярной ретиноскопии (ножниц) с затрудненным определением конечной точки из-за неортогонального или нерегулярного астигматизма и изменения оси от правильной к наклонной и изменения силы астигматизма со времени последнего визита.

Острота зрения: скорректирована до 6/7,5⁻²

Биомикроскопия: роговица, конъюнктивa, веки и ресницы:

Признаки	Есть	Нет
Симптом Мансона	<input checked="" type="checkbox"/>	
Кольцо Фляйшера	<input checked="" type="checkbox"/>	
Стрии Фогта	<input checked="" type="checkbox"/>	
Субэпителиальные фибриллярные линии	<input checked="" type="checkbox"/>	
Проминирующие нервы роговицы	<input checked="" type="checkbox"/>	
Рубцевание роговицы		<input checked="" type="checkbox"/>
Истончение роговицы	<input checked="" type="checkbox"/>	
Неоваскуляризация		<input checked="" type="checkbox"/>
Конъюнктивальная гиперемия	<input checked="" type="checkbox"/>	
Центральное прокрашивание роговицы	<input checked="" type="checkbox"/>	
Периферийное прокрашивание роговицы		<input checked="" type="checkbox"/>
Блефарит		<input checked="" type="checkbox"/>
Дисфункция мейбомиевых желез	<input checked="" type="checkbox"/>	



Топография роговицы:

Симулированные значения K (D, мм)	48,25 (6,99)@052/52,25 (6,46)@142
Астигматизм роговицы (D)	-4,00 x 052
Среднее значение K (D, мм)	50,25 (6,7)
Самое крутое значение K (D)	54,00
Самый крутой диаметр конуса (мм)	5,5
Общий диаметр конуса (мм)	6
Q, e и p значения *	0,87, 0,93, 0,07

*Q – (асферичность) = e², e=эксцентricность, p (фактор формы) = 1-Q

Этапы подбора

Шаг 1: Задняя оптическая зона/определение общего диаметра (BOZD/LD)

У этого пациента тяжелая стадия овального конуса. По мере прогрессирования конуса (укручения), диаметр конуса будет становиться больше. Этому пациенту подойдут пробные линзы с фиксированным BOZD, т.к. эти BOZD больше и не соотносятся с BOZR, хотя можно подобрать также любую пробную линзу с большим BOZD. Соответствие BOZD с диаметром конуса приведет к лучшему соответствию между подъемом (sag) роговицы и подъемом линзы (sag) по длине хорды оптической зоны.

Для пробного подбора была выбрана мультикривизновая линза с LD 10,4 и BOZD 8,4.

Тип конуса	Диаметры конуса	BOZD	LD
овальный тяжелый	6,1 – 8,0 мм	8,10 – 9,40 мм	10,2 – 11,2 мм

Шаг 2: Определение радиуса задней оптической зоны (BOZR)

Радиус задней оптической зоны определяется путем рассмотрения двух параметров: первый - величина астигматизма роговицы (таблица C) и второй - размер BOZD (таблица D). Для перевода миллиметров в диоптрии, используйте следующую формулу: $337,5/\text{мм} = D$ или $337,5/D = \text{мм}$.

Таблица С: астигматизм роговицы

ΔK (D)	BOZR (D) (9,4 LD)
от -0,25D до - 3,75D	Плоский K (D) – 0,609 x (ΔK)
от -4,00 до - 7,50D	Плоский K (D) – 0,491 x (ΔK)*
от -7,75 до - 16,75D	Плоский K (D) – 0,354 x (ΔK)

*Средний K для 7,4 BOZD

Таблица D: размер BOZD

Плавающий BOZD	BOZR (мм)
5,25-6,5/8,5-8,8 мм	Средний K (мм) - 0,2 мм
7,2-7,5/9,2-9,6 мм	Средний K (мм)
7,6-8,1/9,8-10,1 мм	Средний K (мм) +0,15 мм
8,2-8,6/10,2-10,7 мм	Средний K (мм) от +0,2 до 0,3мм
8,7-9,4/10,8-11,4 мм	Средний K (мм) +0,4мм

Для этого дизайна линзы, со сферической центральной частью линзы, первоначальный BOZR будет следующим:

ΔK (D)	BOZR (D) (9,4 LD/7,4 BOZD)
-4,00D	Средний K = 50,25 D (6,7 мм)

У выбранной линзы больший BOZD (8,4 мм). Конечный BOZR можно рассчитать следующим образом:

ΔK (D)	BOZR (D) (9,4 LD/7,4 BOZD)	Расчитанный BOZR
-4,00D	Средний K = 50,25D (6,7 мм)	Средний K + 0,25мм (6,7 + 0,25) = 6,95мм

Шаг 3: выбор пробной линзы

	10.2-10.6 TD																	
BOZR	7.94	7.76	7.58	7.42	7.18	7.11	7.03	6.96	6.89	6.82	6.75	6.68	6.62	6.55	6.49	6.37	6.25	6.14
BOZD	8.20	8.20	8.20	8.20	8.20	8.20	8.40	8.40	8.40	8.40	8.40	8.40	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60
SC1	8.94	8.76	8.58	8.42	7.98	7.91	7.83	7.76	7.69	7.62	7.55	7.48	7.42	7.50	7.40	7.30	7.25	7.20
SCW1	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.80	8.80	8.80	8.80	8.80	8.80	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
SC2	10.15	10.10	10.00	9.80	8.98	8.91	8.83	8.76	8.69	8.62	8.55	8.48	8.42	8.55	8.40	8.30	8.25	8.20
SCW2	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.20	9.20	9.20	9.20	9.20	9.20	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40
SC3	11.50	11.40	11.30	11.00	10.18	10.11	10.03	9.96	9.89	9.82	9.75	9.68	9.62	9.65	9.55	9.35	9.35	9.25
SCW3	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
PC	12.15	12.15	12.10	12.00	11.68	11.61	11.53	11.46	11.39	11.32	11.25	11.18	11.12	11.00	11.00	10.85	10.80	10.75
PCW	10.20	10.20	10.20	10.20	10.20	10.20	10.40	10.40	10.40	10.40	10.40	10.40	10.60	10.60	10.60	10.60	10.60	10.60
AEL	0.245	0.266	0.287	0.303	0.310	0.319	0.349	0.361	0.373	0.386	0.400	0.415	0.457	0.486	0.501	0.538	0.591	0.644

В таблице сверху указаны примеры параметров пробной линзы с несколькими радиусами кривизны, где диаметры задней оптической зоны фиксированы и изменяются только вместе с диаметром линзы (LD) (но не с радиусом задней оптической зоны (BOZR)). При увеличении диаметра линзы BOZD также увеличивается. Обратите внимание, что аксиальный подъем линзы (AEL) изменяется по мере укручения роговицы и по мере увеличения значения эксцентриситета AEL также увеличивается. У пробной линзы будут следующие параметры:

Шаг 4: Оценка посадки линзы

BOZR	BOZD	Периферийный AEL	Сила
6,95	8,4/10,4	0,36	-8,00 D

Посадку линзы оценивают по центрированию и движению линзы при моргании. Затем оценивают флюоресцеиновое прокрашивание, используя кобальтовый и желтый Wratten #12 фильтры.

В данном случае центральная посадка приемлема, но периферийная посадка была слишком плотная. Из-за высокого эксцентриситета этой роговицы «стандартный» AEL линзы не дает достаточного аксиального зазора края на глазу. Линзу следует заказывать с более плоской периферией, увеличив AEL на 0,2 мм.

	Начальный	Скорректированный
BOZR	6,95	без изменений
BOZD	8,4	без изменений
TD	10,4	без изменений
Периферия (AEL)	0,36	0,56

Шаг 5: Овер-рефракция/определение силы

Выполните овер-рефракцию на пробной контактной линзе, чтобы спрогнозировать оптическую силу контактной линзы. Использование авторефрактометра может быть полезным в таких случаях, т.к. обычно присутствует небольшой остаточный астигматизм, который трудно определить с помощью ретиноскопии. Авторефрактометр даст очень хорошую отправную точку для выбора субъективной овер-рефракции. Определяется лучшая сфера в случае силы сферы $>-4,00D$ к оптической силе контактной линзы добавляется вертексная поправка. Торические дизайны не используют для коррекции остаточного астигматизма из-за его нерегулярности. Измеряется контрастность зрения.

Сила КЛ	-8,00D
Овер-рефракция (сферо-цил.) (авторефрактометр)	-6,00/-1,75x032
Лучшая сфера	-7,00
Вертексная лучшая сфера/острота	-6,25D 6/6 HCVA
Конечная сила КЛ = CL BVP+учет вертексной поправки	-14,25D

Шаг 6: Заказ контактной линзы

Заказ линзы будет включать в себя:

Итоговый дизайн линзы: жесткая газопроницаемая <input checked="" type="checkbox"/> сферическая <input checked="" type="checkbox"/> асферическая <input checked="" type="checkbox"/> мультикривизновая								
Лаборатория:					Название линзы:			
	BOZR	SCR/W	PCR/	Диаметр	BOZD	Сила	СТ	Цвет
R	6,95	8,0/0,2, 9,76/0,2, 10,96/0,3	12,25/03	10,4	8,4	-14,25	0,16	голубой
L								
Дополнительная информация:								
Комментарии: AEL=0,561								

Шаг 7: Доставка линз и наблюдение

Линзы заказывались из материалов с высоким Dk для оптимизации физиологического здоровья и с плазменной обработкой для повышения комфорта. Пациенту рекомендовалось продолжить использование искусственной слезы при ношении линз. Когда пациент получил линзы, посадка и зрительные характеристики соответствовали посадке и зрительным характеристикам, которые наблюдались при подборе диагностических линз. Спустя две недели после начала ношения повторный осмотр показал превосходные результаты. Пациенты с кератоконусом наблюдаются чаще в первые три месяца, так как посадка и сила линз корректируется. Рекомендуется регулярный осмотр каждые три месяца, чтобы контролировать посадку и физиологические реакции на линзы, а каждые шесть месяцев необходимо повторить топографию роговицы и пахиметрию.

Приложение F

Таблицы взаимного пересчета кератометрических данных (D – в мм, мм – в D)

Пересчет осуществляется с помощью формулы: $337,5/D=мм$ и, наоборот, $- 337,5/мм=D$

mm to D

mm	D	mm	D
4.70	71.81	6.65	50.75
4.75	71.05	6.70	50.37
4.80	70.31	6.75	50.00
4.85	69.59	6.80	49.63
4.90	68.88	6.85	49.27
4.95	68.18	6.90	48.91
4.75	71.05	6.95	48.56
4.80	70.31	7.00	48.21
4.85	69.59	7.05	47.87
4.90	68.88	7.10	47.54
4.95	68.18	7.15	47.20
5.00	67.50	7.20	46.88
5.05	66.83	7.25	46.55
5.10	66.18	7.30	46.23
5.15	65.53	7.35	45.92
5.20	64.90	7.40	45.61
5.25	64.29	7.45	45.30
5.30	63.68	7.50	45.00
5.35	63.08	7.55	44.70
5.40	62.50	7.60	44.41
5.45	61.93	7.65	44.12
5.50	61.36	7.70	43.83
5.55	60.81	7.75	43.55
5.60	60.27	7.80	43.27
5.65	59.73	7.85	42.99
5.70	59.21	7.90	42.72
5.75	58.70	7.95	42.45
5.80	58.19	8.00	42.19
5.85	57.69	8.05	41.93
5.90	57.20	8.10	41.67
5.95	56.72	8.15	41.41
6.00	56.25	8.20	41.16
6.05	55.79	8.25	40.91
6.10	55.33	8.30	40.66
6.15	54.88	8.35	40.42
6.20	54.44	8.40	40.18
6.25	54.00	8.45	39.94
6.30	53.57	8.50	39.71
6.35	53.15	8.55	39.47
6.40	52.73	8.60	39.24
6.45	52.33	8.65	39.02
6.50	51.92	8.70	38.79
6.55	51.53	8.75	38.57
6.60	51.14	8.80	38.35

D to mm

D	mm	D	mm	D	mm
38.00	8.88	49.00	6.89	60.00	5.63
38.25	8.82	49.25	6.85	60.25	5.60
38.50	8.77	49.50	6.82	60.50	5.58
38.75	8.71	49.75	6.78	60.75	5.56
39.00	8.65	50.00	6.75	61.00	5.53
39.25	8.60	50.25	6.72	61.25	5.51
39.50	8.54	50.50	6.68	61.50	5.49
39.75	8.49	50.75	6.65	61.75	5.47
40.00	8.44	51.00	6.62	62.00	5.44
40.25	8.39	51.25	6.59	62.25	5.42
40.50	8.33	51.50	6.55	62.50	5.40
40.75	8.28	51.75	6.52	62.75	5.38
41.00	8.23	52.00	6.49	63.00	5.36
41.25	8.18	52.25	6.46	63.25	5.34
41.50	8.13	52.50	6.43	63.50	5.31
41.75	8.08	52.75	6.40	63.75	5.29
42.00	8.04	53.00	6.37	64.00	5.27
42.25	7.99	53.25	6.34	64.25	5.25
42.50	7.94	53.50	6.31	64.50	5.23
42.75	7.89	53.75	6.28	64.75	5.21
43.00	7.85	54.00	6.25	65.00	5.19
43.25	7.80	54.25	6.22	65.25	5.17
43.50	7.76	54.50	6.19	65.50	5.15
43.75	7.71	54.75	6.16	65.75	5.13
44.00	7.67	55.00	6.14	66.00	5.11
44.25	7.63	55.25	6.11	66.25	5.09
44.50	7.58	55.50	6.08	66.50	5.08
44.75	7.54	55.75	6.05	66.75	5.06
45.00	7.50	56.00	6.03	67.00	5.04
45.25	7.46	56.25	6.00	67.25	5.02
45.50	7.42	56.50	5.97	67.50	5.00
45.75	7.38	56.75	5.95	67.75	4.98
46.00	7.34	57.00	5.92	68.00	4.96
46.25	7.30	57.25	5.90	68.25	4.95
46.50	7.26	57.50	5.87	68.50	4.93
46.75	7.22	57.75	5.84	68.75	4.91
47.00	7.18	58.00	5.82	69.00	4.89
47.25	7.14	58.25	5.79	69.25	4.87
47.50	7.11	58.50	5.77	69.50	4.86
47.75	7.07	58.75	5.74	69.75	4.84
48.00	7.03	59.00	5.72	70.00	4.82
48.25	6.99	59.25	5.70	70.25	4.80
48.50	6.96	59.50	5.67	70.50	4.79
48.75	6.92	59.75	5.65	70.75	4.77

Приложение G

Таблица соответствия различных систем измерения остроты зрения

Snellen (ft.)	Snellen (m.)	LogMar	Min. of Arc
20/200	6/60	1.0	0.1
20/160	6/48	0.9	0.125
20/100	6/30	0.8	0.2
20/80	6/24	0.7	0.25
20/70	6/23	0.6	0.28
20/63	6/18	0.5	0.32
20/50	6/15	0.4	0.4
20/40	6/12	0.3	0.5
20/32	6/9	0.2	0.64
20/25	6/7.5	0.1	0.8
20/20	6/6	0.0	1.0

Centre for Contact Lens Research

School of Optometry, University of Waterloo

200 University Avenue West

Waterloo, Ontario, Canada N2L 3G1

519 888-4742

<http://cclr.uwaterloo.ca>



Опубликовано при содействии

учебного гранта

