

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИКО-
СТОМАТОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ.А.И.ЕВДОКИМОВА»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

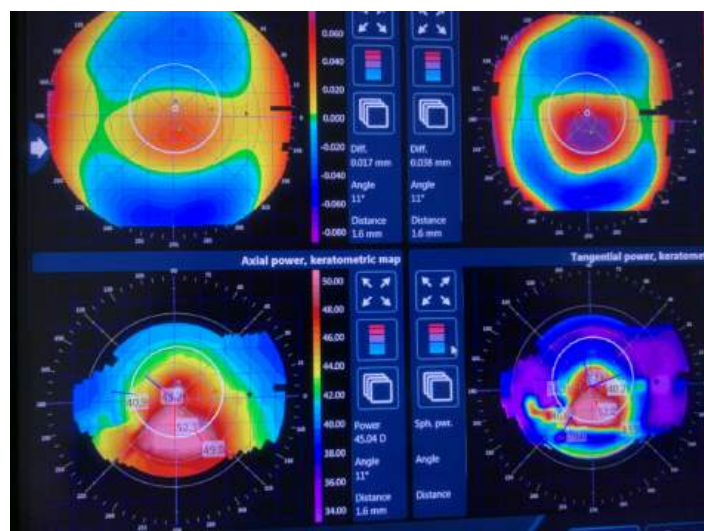
Кафедра глазных болезней

Диагностическое обеспечение, техника рефракционной хирургии и лечения эктатических поражений роговицы

Учебное пособие

для студентов лечебных факультетов медицинских вузов

д.м.н. С.И. Анисимов



Москва, 2022

УДК 617.713-007.64-089(075.9)

ББК 56.734я78+56.754

А 67

Рецензенты:

Арутюнян Л.Л., д.м.н., профессор кафедры офтальмологии Российской медицинской академии последипломного образования МЗ РФ.

Кожухов А.А., д.м.н., директор офтальмологической клиники «Спектр».

А67 Диагностическое обеспечение, техника рефракционной хирургии и лечения эктатических поражений роговицы /сост. Анисимов Сергей Игоревич. Учебное пособие – курс лекций/ МГМСУ – М.: РИО МГМСУ, 2022 – 110 с: илл.

УДК 617.713-007.64-089(075.9)

ББК 56.734я78+56.754

Учебное пособие в виде курса лекций предназначено для студентов медицинских вузов, врачей ординаторов, аспирантов. Научных сотрудников и преподавателей медицинских учреждений высшего профессионального образования.

Рекомендовано к изданию учебно-методическим советом МГМСУ
Протокол № 2 от «09» февраля 2022 г.

© МГМСУ, 2022

© Анисимов С.И., 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
Лекция 1. Топография роговицы. Клиническое значение	7
1. История развития топографии роговицы	8
2. Типы современных топографов.....	9
3. Основные рефлексy и ориентиры глаза, используемые в топографии роговицы	15
4. Клинические положения	17
5. Основные виды отображения топографии роговицы.....	18
6. Диагностические возможности кератотопографии	27
7. Корнеальная топография в изучении биомеханики роговицы.....	36
8. Заключение	37
9. Тестовый вопросы.....	38
Лекция 2. Современные методы коррекции зрения.....	43
1. История развития современных методов коррекции зрения.....	44
2. Лазерная коррекция аномалий рефракции	47
3. Индуцированные лазерной коррекцией миопии сферические аберрации	56
4. Технология Супракор	61
5. Технология Смайл.....	65
6. Заключение	66
7. Тестовые вопросы	67
Лекция 3. Кератоконус.....	71
1. Историческая справка.....	71
2. Патогенез кератоконуса.....	72
3. Классификации кератоконуса.....	73
4. Основные симптомы.....	78
5. Топография роговицы в диагностике кератоконуса.....	82
6. Другие методы диагностики кератоконуса	86
7. Лечение кератоконуса.....	93
8. Заключение	100
9. Тестовые вопросы	100
10.Список литературы	106

АННОТАЦИЯ

Учебное пособие представляет собой курс лекций по трудно усваиваемым разделам офтальмологии, относящимся к вопросам диагностического обеспечения лечения эктатических поражений роговицы и рефракционной хирургии роговицы.

Введение

Быстрый прогресс рефракционных офтальмологических технологий, которые взрывообразно развились в конце XX века не в последнюю очередь при участии отечественных офтальмологов С.Н.Федорова, В.С.Беляева были бы невозможны без основательной теоретической базы и приборного обеспечения. Наличие в распоряжении офтальмологов технических средств, позволяющих с высокой точностью оперативно определить основные параметры оптической системы глаза, явилось базой для получения приемлемых по безопасности и точности результатов коррекции зрения основанных на изменении кривизны роговой оболочки глаза. Сюда можно отнести переднюю радиальную кератотомию, кератомилез, рефракционную кератопластику, лазерные абляционные методики. Однако повышение требований к прогнозируемости результатов, безопасности хирургии потребовало дальнейшего совершенствования диагностических инструментов, регистрирующих топографию роговицы. Это диктуется требованиями исключать из списков кандидатов на коррекцию зрения с использованием принципа изменения анатомических параметров роговиц, тех пациентов, которые находятся в группе риска по развитию у них эктазии роговицы. С одной стороны при оценке топографии роговицы от практикующего рефракционного хирурга требуется определенный набор специфических знаний и опыт, с другой стороны в практику офтальмолога все шире внедряются принципы искусственного интеллекта и автоматизации диагностики. Практическое применение алгоритмов с использованием статистических методов и элементов анализа больших данных показало, что подобный подход не обеспечивает 100% точность диагностики и по-прежнему требуется оценка результатов непосредственно офтальмологом. При этом офтальмолог должен достаточно глубоко понимать принципы и особенности работы современных топографических платформ. Задача настоящего учебного пособия в доступной лекционной форме изложить

основные принципы работы топографов и других диагностических приборов, способы устранения диагностических ошибок по техническим причинам и анализа топографических паттернов с учетом других клинических данных. В курс входит лекция по рефракционной хирургии роговицы, в которой также делается упор на осуществление качественной диагностики в процессе определения показаний и противопоказаний к хирургическим вмешательствам. Настоящее учебное пособие информирует также о способах обнаружения эктатических изменений роговицы, в частности кератоконуса, а также представляет исчерпывающую информацию о современных методах лечения кератоконуса. Учебное пособие предназначается для студентов, клинических ординаторов, начинающих рефракционных хирургов, преподавателей кафедр глазных болезней.

Ряд отечественных и зарубежных авторов издали за последние годы несколько монографий, посвященных проблеме корнеальной топографии [Л.И.Балашевич, А.Б.Качанов (2011), D. Gatinel (2012), M. Corbett, (2019)] [6,18,20]. В них отображены фундаментальные основы компьютерной топографии роговицы, и эта информация была частично использована при подготовке настоящего учебного пособия.

Курс лекций включает 3 лекции, объединенные одной связующей линией, а именно ролью компьютерной топографии и других инструментальных диагностических методов в роговичной хирургии на этапе подготовительных диагностических мероприятий. Успех в офтальмологии во многом зависит от точности диагностики. Эти важные знания мало раскрываются в текущих учебных пособиях. Поэтому должны быть более глубоко раскрыты в рамках существующей учебной программы.

Лекция 1. Топография роговицы. Клиническое значение

План лекции:

1. Актуальность методики корнеальной топографии
2. История корнеотопографии
3. Теоретические основы изучения кривизны роговицы
4. Оптические ориентиры топограммы роговицы
5. Основные виды топографов, их отличие и клиническое применения
6. Виды топограмм
7. Клиническое применение топографов при кератоктазиях
8. Топография в расчетах ИОЛ
9. Возможности топографии при изучении биомеханики роговицы
10. Тестовый контроль

Актуальность изучения топографии роговицы

- ▶ Необходимость точной и ранней диагностики аномалий рефракции связанных с роговицей (рефракционная миопия, врожденный астигматизм)
- ▶ Наличие дистрофических заболеваний роговицы, приводящих к изменению топографии роговицы и соответственно к нарушению рефракции глаза
- ▶ Развитие большого числа корнеальных методов коррекции зрения (необходимость точного расчета эффекта и определения противопоказаний к коррекции)
- ▶ Необходимость точных расчетов ИОЛ с учетом топографии роговицы.
- ▶ Планирование и контроль эффективности лечения дистрофических заболеваний роговицы

- ▶ Необходимость правильного подбора контактных линз, в том числе и ортокератологических и склеральных

История корнеальной топографии

- Впервые измерили кривизну роговицы Жаваль и Шиотц (1881 г.) система Жавалья до сих пор используется для проведения офтальмометрии в клинической практике
- В 1932 году фирма Бауш +Лом усовершенствовала прибор Жавалья и он принял современный вид (рис.1)
- В 1932 году Гуд предложил, а Пласидо в 1882 году усовершенствовал диск, который до сих пор используется в корнеальной топографии и носит имя колец Пласидо.



Рис.1. Так выглядит один из первых вариантов офтальмометра Жавалья

Типы современных роговичных топографов

- 1. Отражательного типа (на основе колец Пласидо или других светящихся паттернов (рис.2, 3))
- 2. Проекционного типа: щелевые, шемпфлюг системы или на основе ОКТ

Типы опто типов для изучения кривизны роговицы



Рис.2. Схема измерения формы роговицы с помощью кератометра, фотокератоскопа и видеокератоскопа

Роговица формирует зеркальный рефлекс с изображением колец Пласидо



Рис.3. Формирование зеркальных рефлексов роговицы

Принцип зеркального топографа строится на формировании оптоотипами прямого мнимого изображения на поверхности выпуклой зеркальной роговицы. Это изображение фиксируется видеосистемой и отправляется на обработку в компьютер прибора, где и происходит формирование конечного изображения отражающего топографию роговицы (рис.4). Таким образом объектом исследования отражательных топографов фактически являются углы отражения света от оптоотипов (рис.5)

Оптическая схема построения оптоотипов в отражательных кератографических топографах (формирование прямого мнимого изображения на выпуклой роговице)

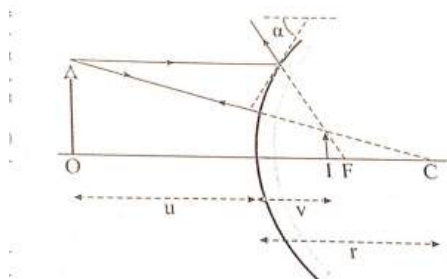


Рис.4 Формирование изображения выпуклым зеркалом (С — центр кривизны роговицы; F — фокальная точка; u — расстояние от объекта (O) до роговицы; v — расстояние от изображения (I) до роговицы; α — наклон роговицы) (по М.С. Corbett с соавт., 1999)

Объект измерения отражательного топографа

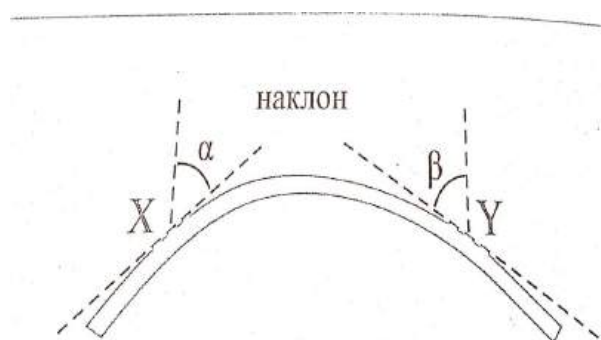


Рис.5. *Наклон поверхности роговицы*

(Балашевич Л. И., Качанов А. Б. Клиническая корнеотопография и aberрометрия, 2009)

Доступно достаточно много способов обработки изображения, полученного с отражательного типа топографов. Это, в первую очередь, аксиальная топограмма или тангенциальная (моментальная) топограмма. Принципы их построения изображены на рис. 6. При этом тангенциальная топограмма более выражено отражает локализацию и степень изменения кривизны роговицы. Поэтому чаще используется при кератоконусе или контроле за ортокератологическими контактными линзами.

Основные типы расчетов при отражательной топографии роговицы

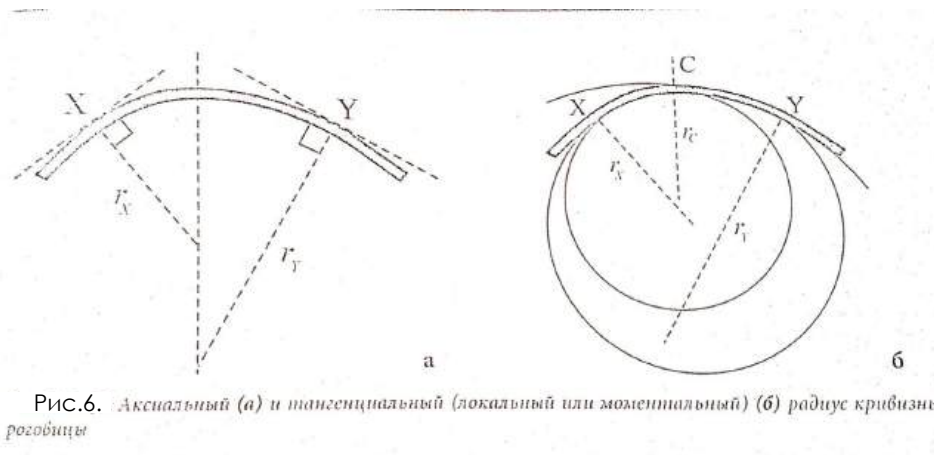


Рис.6. Аксиальный (а) и тангенциальный (локальный или моментальный) (б) радиус кривизны роговицы

Объект измерения проекционного топографа



Рис.7. Построение высотной карты относительно референтной плоскости

(Балашевич Л. И., Качанов А. Б. Клиническая корнеотопография и aberрометрия, 2009)

Существуют топографы в которых физически реализуются оба принципа построения изображения (рис.8) типа топографа Орбскан III, или в них осуществляется перерасчет усредненной топограммы в аксиальную или тангенциальную, (топограф типа Пентакам, основанный на принципе Шеймпфлюг камеры), при этом обратная задача математически не решается

(рис.9). В последнее время разработаны топографы основанные на принципе ОКТ роговицы с синтезом карт различного типа с помощью компьютера.



Рис.8. Корнеальный топограф Орбскан III с зеркальным и проекционным типами построения изображения, проекционный топограф Пентакам с возможностью расчета топограмм зеркального типа и ОКТ Рево 60.

Типы корнеальных топографов



Рис.9. Общая схема принципов работы систем для корнеальной топографии (по М.С. Corbett с соавт., 1999)

При этом следует учитывать, что топографы, особенно зеркального типа, чрезвычайно чувствительны к правильному положению зрительной оси, при смещении которой может резко меняться характер изображения, что поясняется рис.10.

Чувствительность топографов к положению зрительной оси



Рис.10. Резкое изменение формы отражения при незначительных смещениях относительно зеркала

На рис. 11. Демонстрируется, как смещение зрительной оси за счет изменения направления взгляда всего на несколько градусов изменяет высотную карту при кератоконусе.

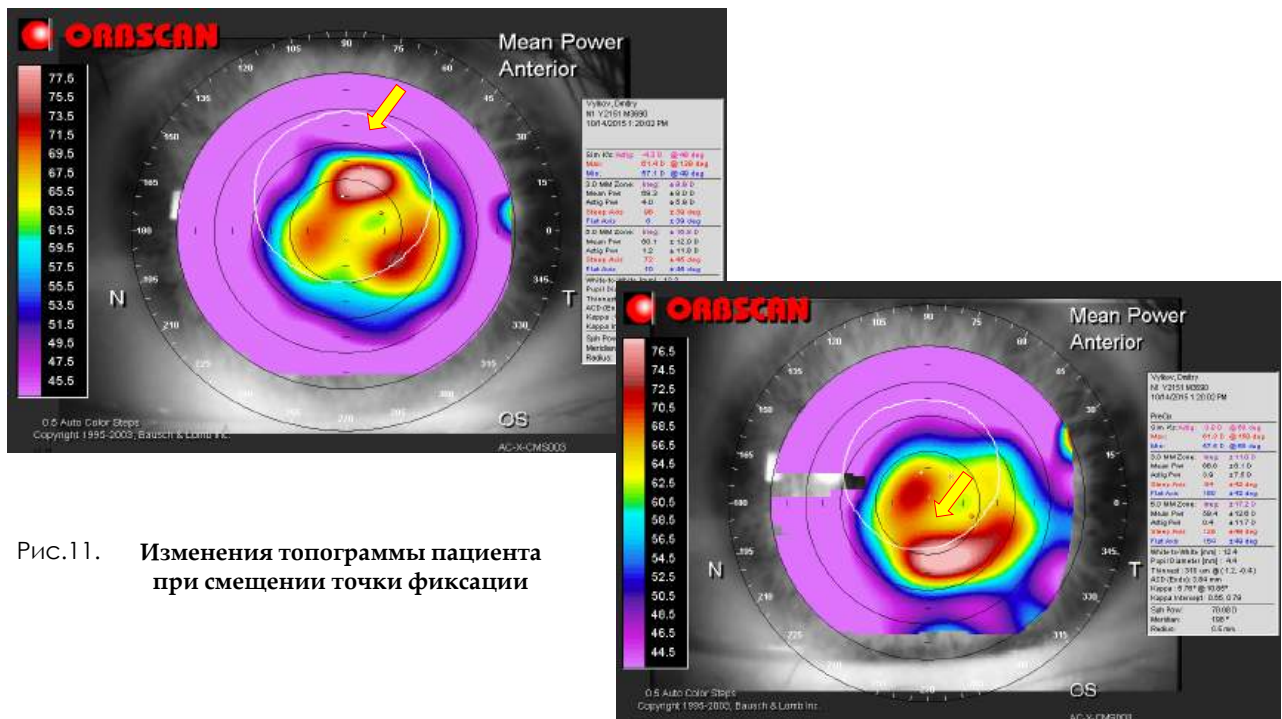


Рис.11. Изменения топограммы пациента при смещении точки фиксации

Основные рефлексы и ориентиры, используемые в топографии роговицы

Для правильного формирования топограммы требуется привязка к основным ориентирам глаза. Наиболее значимыми, из которых являются оптический центр роговицы, который ориентирован по оси, проходящей через центр зрачка (рис.12) и вертекс роговицы, который определяется по положению первого рефлекса Пуркинье (рис.13). При этом зрительная ось проходит примерно посередине между зрительным центром роговицы (оптическая ось) и осью проходящей через апекс роговицы (там, где определяется рефлекс Пуркинье) (рис.14). Ее отклонение от оптической оси определяют по углу каппа. Это угол между оптической осью (проходящей через центр зрачка) и осью проходящей через апекс роговицы. Если зрачок смещен, или имеет неправильную, тогда оптическую ось ориентируют не по зрачку, а по лимбу.

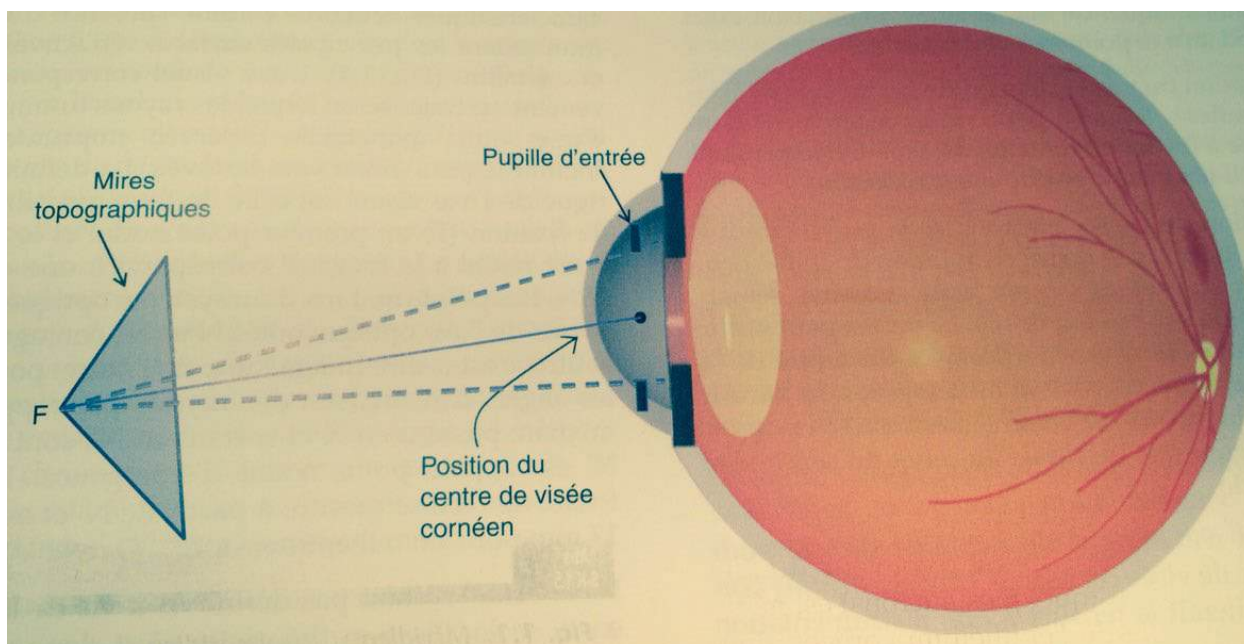


Рис.12. Положение зрительного центра роговицы (указан стрелкой).

(Gatinel D. Topographie corneenne. – 2012)

Угол каппа важно учитывать при процедурах, при которых аппараты производящие коррекцию зрения (лазерные) ориентируют по первому рефлексу Пуркинье.

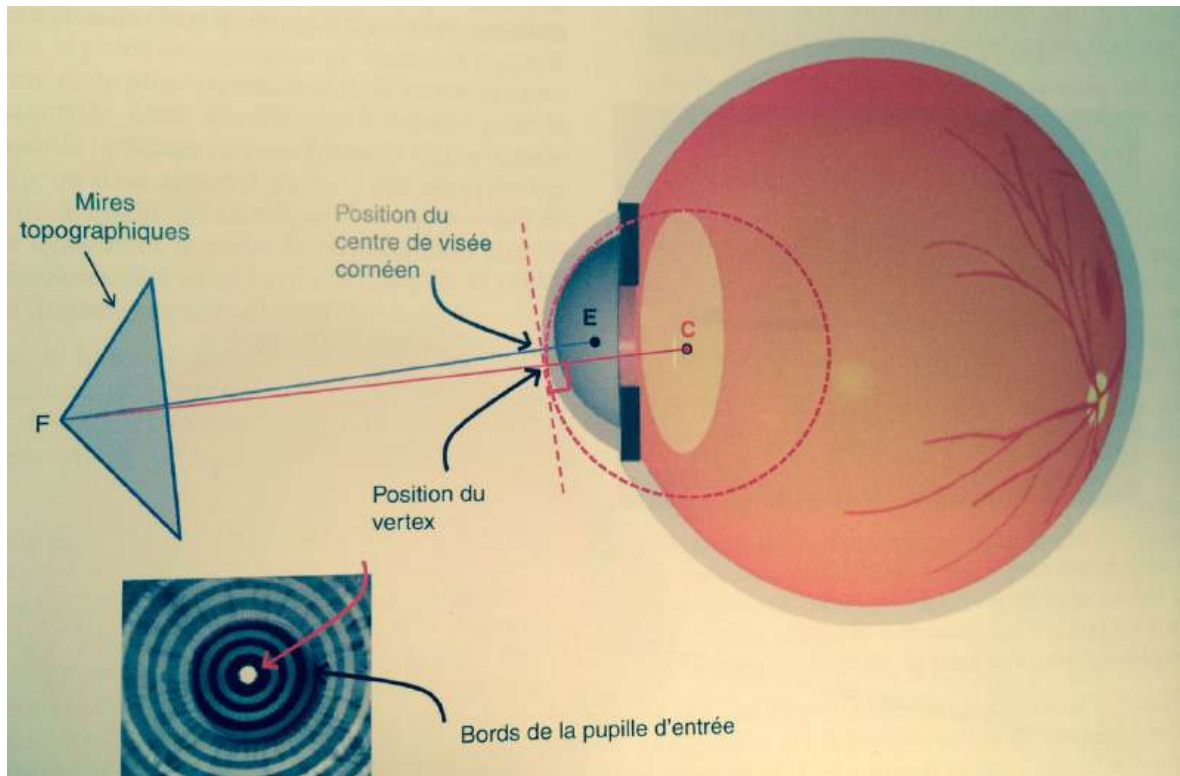


Рис.13. Край апертуры зрачка (черная стрелка), положение вертекса или первого рефлекса Пуркинье (красная стрелка). (Gatinel D. Topographie corneenne. – 2012)

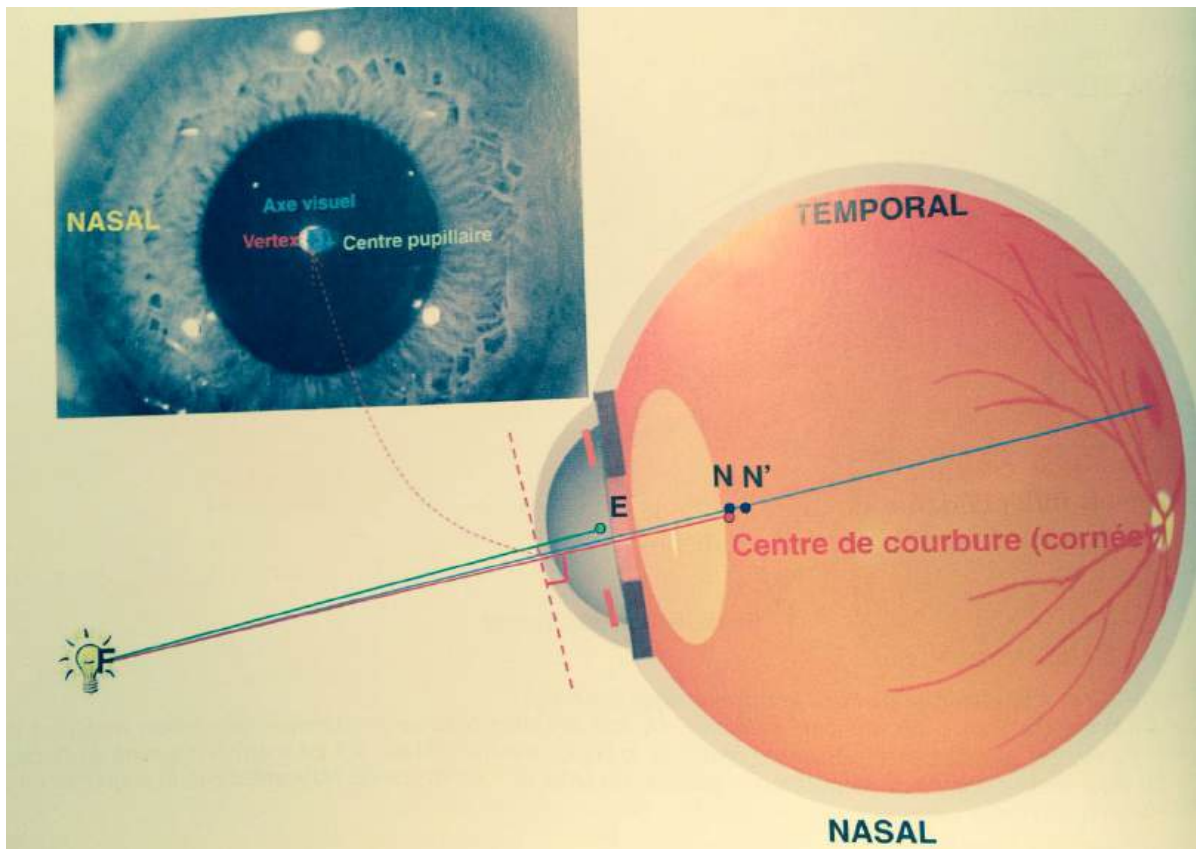


Рис.14.Стрелкой указано, что зрительная ось проходит примерно между центром зрачка и первым рефлексом Пуркинье. (Gatinel D. Topographie corneenne. – 2012)

Клинические положения [17]

- Топография роговицы это морфологическое и функциональное исследование роговицы, позволяющее локализовать вершину роговицы (важно для контактологов, особенно при жестких КЛ)
- Карты по принципу отражения центрируются по корнеальному вертексу (апикальному рефлексу) и эта точка не имеет выдающегося значения, т.к. зрительная ось у большинства глаз с ней не совпадают.
- При осуществлении корнеальной коррекции амметропий хирург должен учитывать положение зрительной оси, которая находится между оптической осью глаза и топографическим вертексом (апикальный рефлекс)

- Высокая степень энантиоморфизма (зеркальной симметрии) будет говорить в пользу нормальных параметров с точки зрения топографии роговицы
- Интерпретация топографических карт должна учитывать величину угла каппа, особенно при его величине более 7 град.
- Угол каппа более выражен у гиперметропов
- Для корнеальной рефракционной хирургии нужно учитывать угол каппа, пересечение оптической оси и оси проходящей через вертекс нужно использовать для идеальной центрации. Зрительная ось обычно проходит посередине между этими линиями.
- У миопов она меньше отклонена от оптической оси.

Основные виды отображения топографии роговицы

Клиническое значение корнеальной топографии очень велико. Практические любые аномалии рефракции являются показанием к проведению корнеальной топографии.

Аксиальная топограмма очень легко выявляет любые виды астигматизма. На рис.15 отображена картина прямого миопического астигматизма. При этом формируется паттерн в виде песочных часов.



Рис.15. Вид аксиальной топограммы при прямом астигматизме

Тангенциальная топограмма формируется по принципу определения моментального радиуса кривизны в каждой точке роговицы, поэтому этот тип топографии более чувствителен к изменению кривизны роговицы и немного отличается по виду от аксиальной топограммы (рис.16, 17).

Тангенциальная топограмма

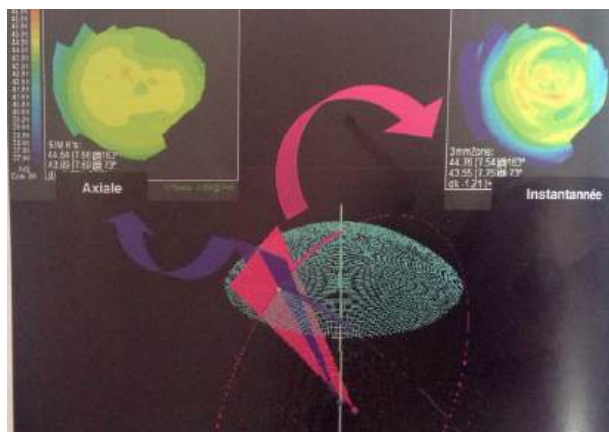


Рис.16. Разница в изображении при аксиальной и тангенциальной топограмме. (Gatinel D. Topographie corneenne. – 2012)

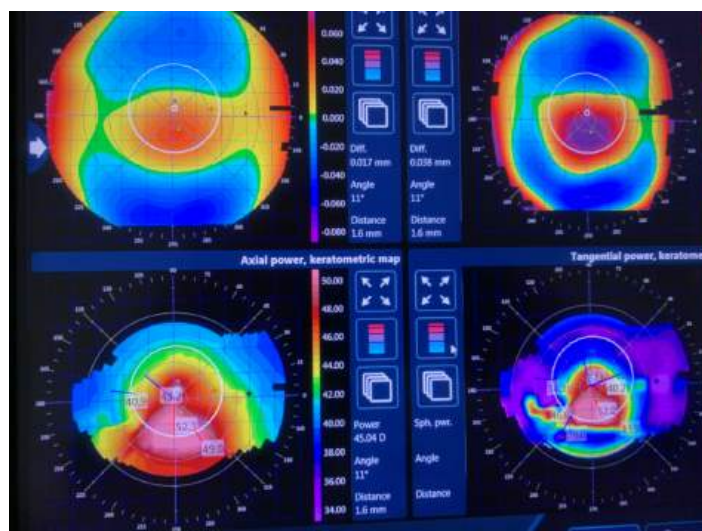


Рис.17. На нижних топограммах видно, что тангенциальная топограмма (справа внизу) более выражено отображает степень и локализацию избыточной кривизны роговицы

В некоторых случаях важна информация об элевации поверхности роговицы относительно референтной плоскости (рис.18).

Принцип изучения элевации роговицы

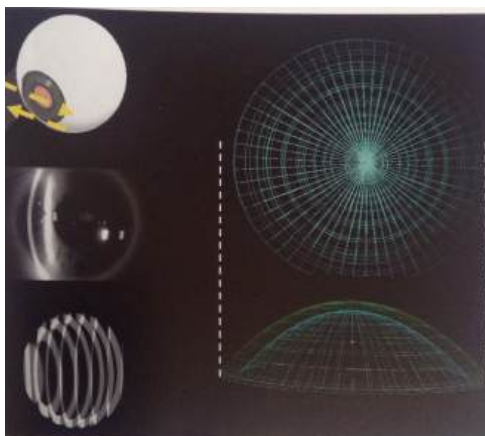


Рис.18. Изображен принцип формирования топограммы проекционного типа с помощью серии щелевых фотографий, которые обрабатываются компьютером с формированием элевационной карты. (Gatinel D. Topographie cornéenne. – 2012)

В результате получается топографическая карта, на которой изолиниями передаются перепады высот соответствующие реальной форме роговицы (подобно географическим топографическим картам) (рис.19)

Усредненная (высотная) топограмма

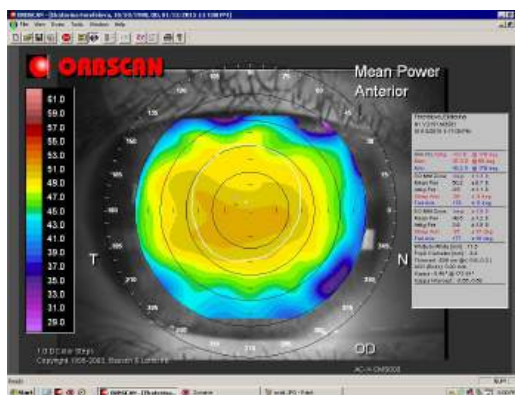


Рис.19. В результате формируется высотная карта роговицы относительно плоскости проходящей через лимб

При этом следует учитывать, что характер изображения высотной (усредненной) карты может радикально отличаться от карт, полученных на топографе зеркального типа (рис.20, рис.31).

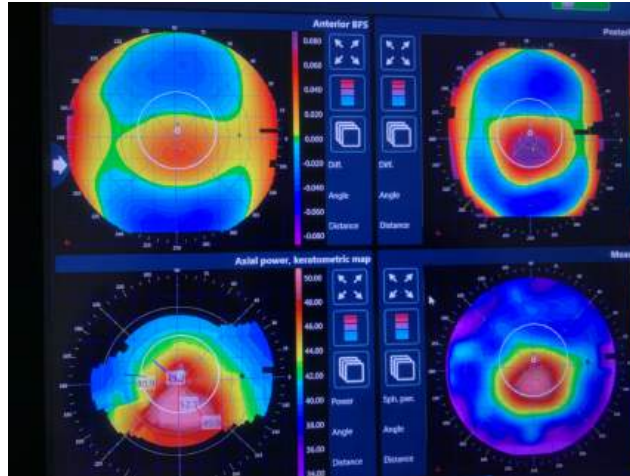


Рис.20. На нижних топограммах заметно отличие тангенциальной карты (слева внизу) от усредненной высотной (справа внизу), усредненная карта отражает реальный профиль роговицы

В некоторых случаях более полезным является формирование элевационной карты относительно референтной фигуры (чаще это сфера) (рис.21). Вычисляется минимальный квадрат расстояния до условной сферы (лучше подходящей сферы). Однако могут в качестве референтных фигур использоваться не только сфера (рис.22), но и, например, эллипсоид. А сфера в качестве референтного тела может по-разному располагаться относительно роговицы (рис.23).

Вычисление элевации относительно BFS

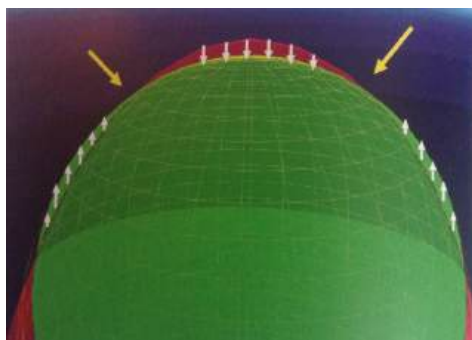


Рис.21. Вычисление элевации относительно ВФ сферы. Позволяет более явно выявлять увеличение кривизны роговицы, например, при эктазиях роговицы.

(Gatinel D. Topographie corneenne. – 2012)

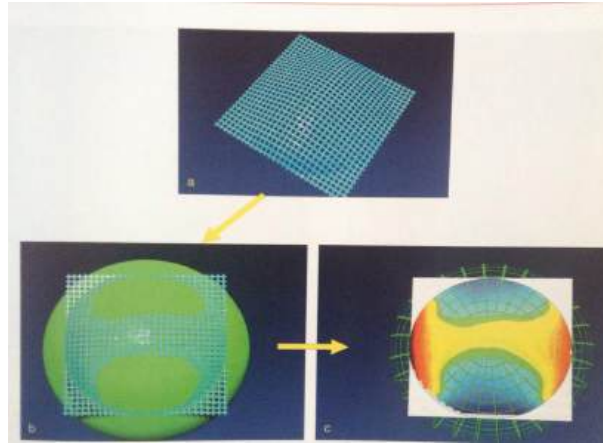


Рис.22. Схема вычисления элевации относительно BFS

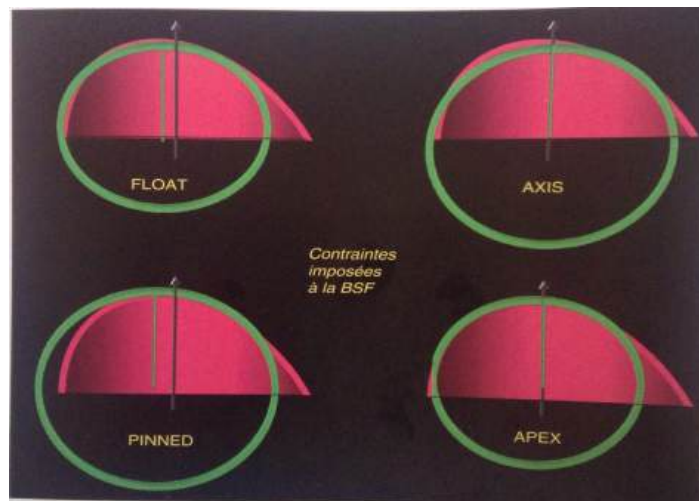


Рис.23. Четыре варианта расположения референтной сферы при вычислении BFS. (Gatinel D. Topographie corneenne. – 2012)

Эти приемы используются для более детальной оценки профиля роговицы, которые могут в приближении представлять собой один из трех основных вариантов (рис.24)

Геометрические типы представления топографии роговицы

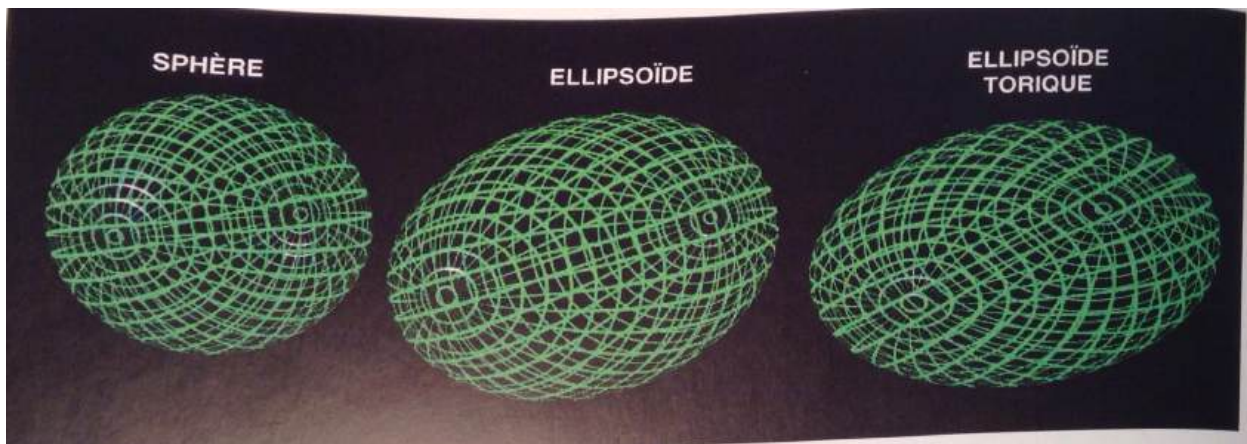


Рис.24. Три основных стереометрических типа представления формы роговицы. (Gatinel D. Topographie corneenne. – 2012)

Соответственно, в зависимости от выбранного варианта отображения элевации роговицы топограммы могут значительно отличаться (рис.25)

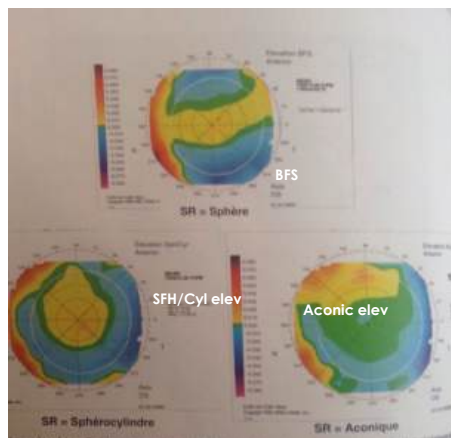


Рис.25. Вид элевационных карт при сферической, сфероцилиндрической и аконической референтной фигуре. (Gatinel D. Topographie corneenne. – 2012)

Существует еще один тип отображения топографии роговицы по распределению оптической силы, а не углов отражения или высот роговицы

(рис.26 - 28) или распределение торического компонента (рис.29).

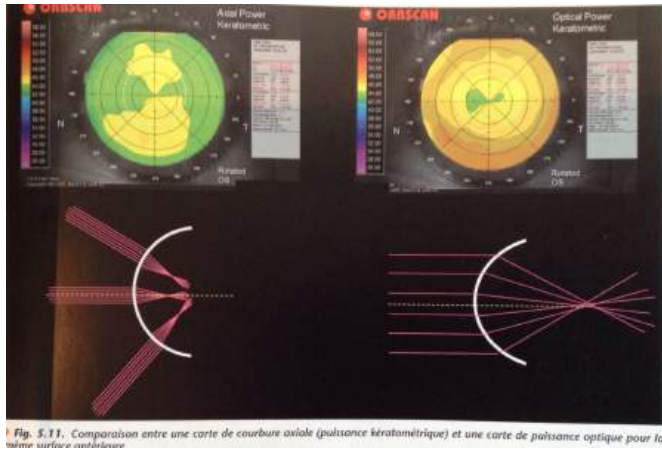


Рис.26. Вид топограммы роговицы по распределению оптической силы (оптическая карта)

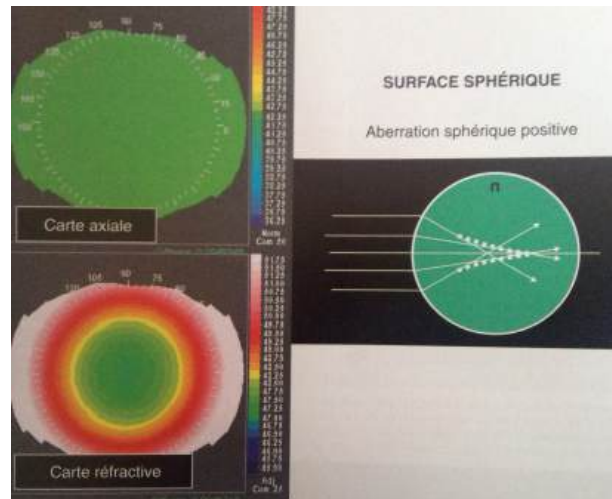


Рис.27. Зеркальная топограмма сферической поверхности отображает одинаковые углы отражения от всей поверхности, а рефракционная карта отображает оптическую силу относительно центральной оси (на периферии сферическое тело преломляет сильнее, чем в центре) (Gatinel D. Topographie corneenne. – 2012)

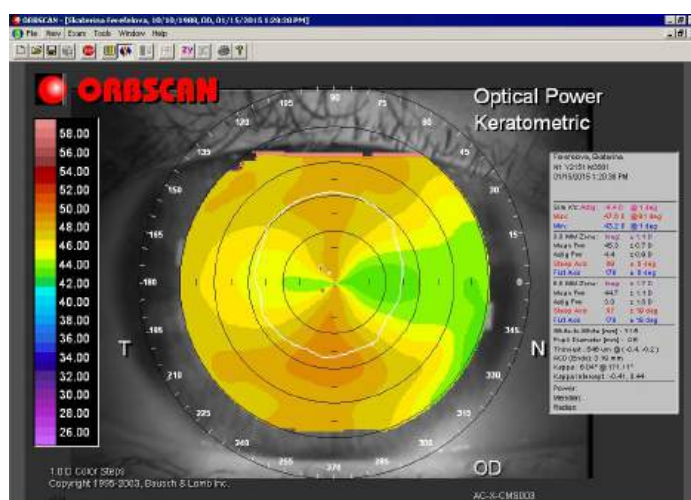


Рис.28. Реальная оптическая карта роговицы

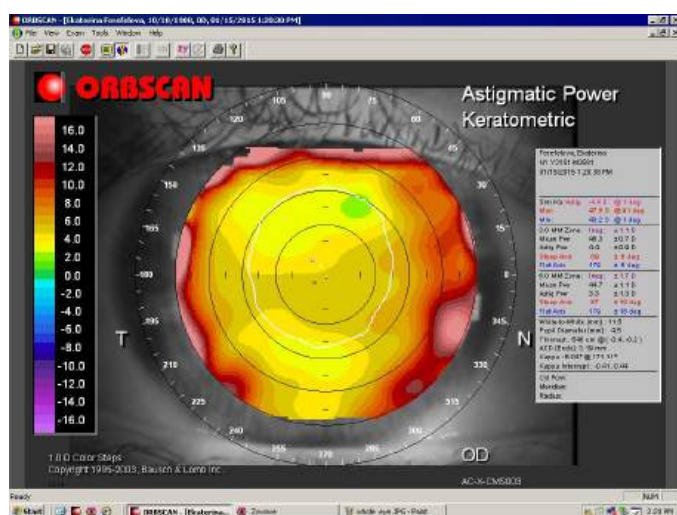


Рис.29. Карта распределения цилиндрических отклонений на реальной роговице

Современные топографы способны предоставлять исчерпывающую информацию не только о профиле роговицы, но и о распределении ее толщин в виде карты. Это позволяет идентифицировать расположение точки минимальной толщины роговицы, которая имеет большое диагностическое значение и позволяет изучить задний профиль роговицы с целью детектирования задней элевации роговицы [35] (рис.30).

Задняя элевация и пахиметрия роговицы.

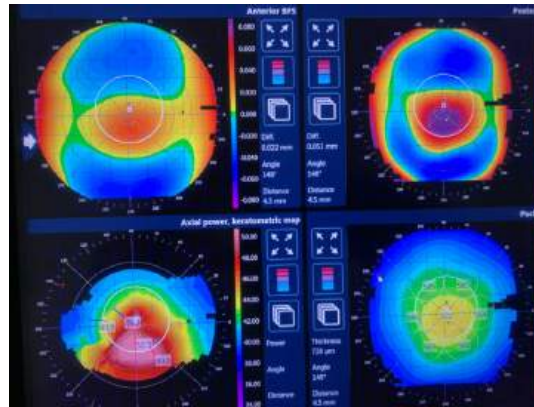


Рис.30. Проекционные топографы позволяют отобразить не только переднюю элевацию, но и пахиметрию роговицы, а также вычисляют заднюю элевацию, что важно для диагностики начальных стадий эктазий роговицы и заднего кератоконуса

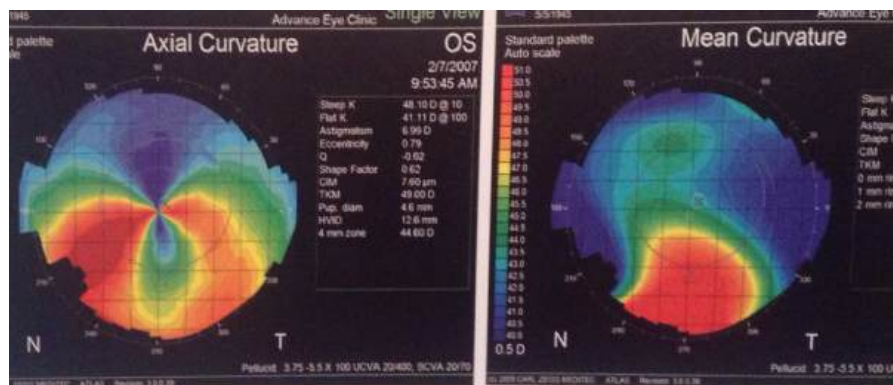


Рис.31. При значительных изменении кривизны роговицы возможны заметные различия в топографических картах аксиальных и усредненных карт. Усредненные более точно указывают на локализацию эктазии

Отображение карт на современных топографах позволяет сравнить сразу несколько типов карт (рис.32).

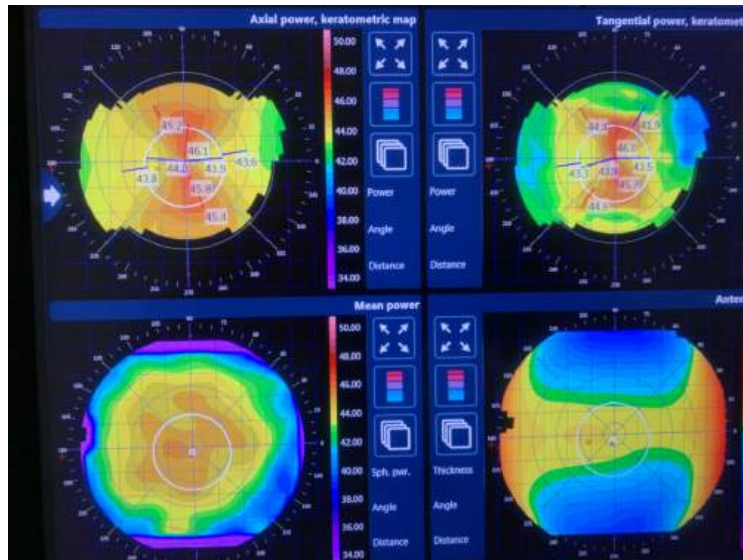


Рис.32. Объединенное отображение аксиальной, тангенциальной усредненной и передней элевационной карт

Диагностические возможности кератотопографии

При оценке топограмм роговицы обязательно необходимо сравнивать левый и правый глаз. При кератоконусе поражение всегда двустороннее, но конус может находиться на разных стадиях своего развития в левом и правом глазу (рис.33 -35)

Билатеральный кератоконус

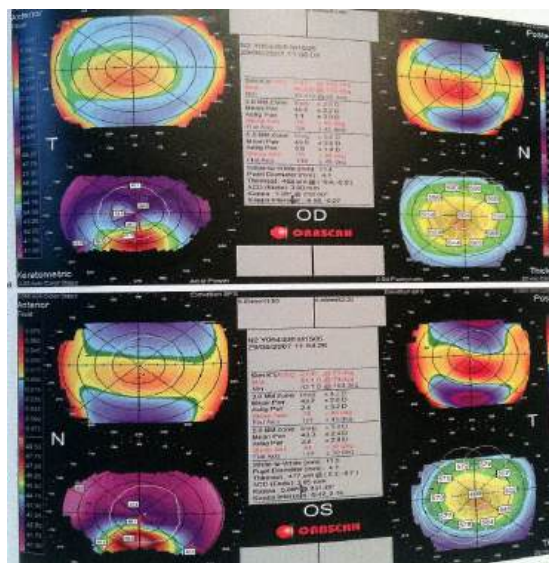


Рис.33. Билатеральный кератоконус с незначительной асимметрией

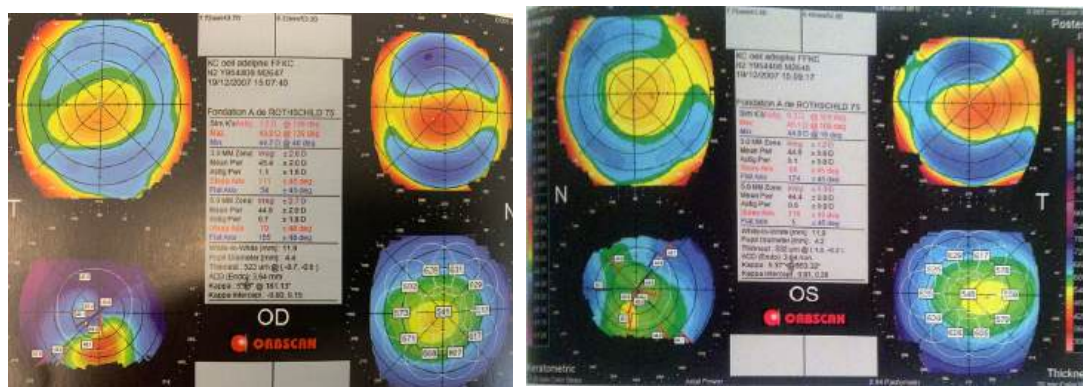


Рис.34. Асимметричный кератоконус. В правом глазу более продвинутая стадия

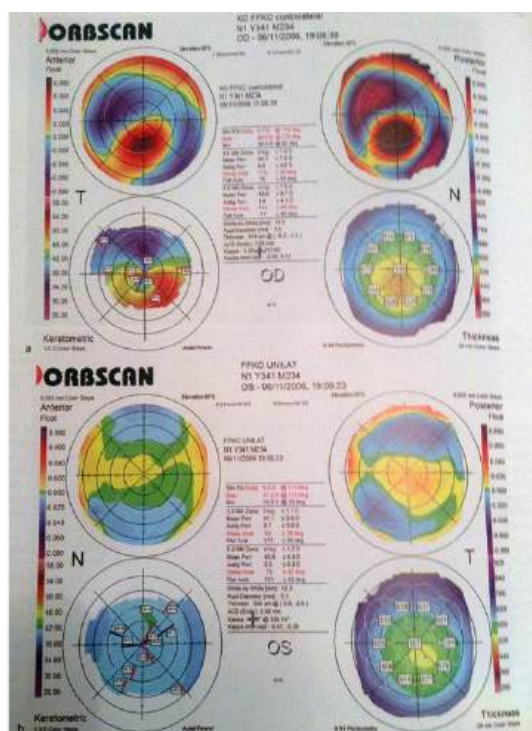


Рис.35. Резко асимметричный кератоконус на правом (верхние карты) и левом (нижние карты) глазу.

В ходе анализа кератотопограмм необходимо оценивать картины, полученные на обоих глазах. Асимметрия паттернов левого и правого глаза

может явиться ценным аргументом в пользу своевременного установления диагноза эктазии роговицы. Это хорошо видно на рис. 36. Наблюдается асимметрия между картиной передней, задней элевации и аксиальной карты между левым и правым глазом. На которой, к тому же, выявляется обратный астигматизм. По данным этой топограммы рефракционная операция на роговице у этого пациента противопоказана.

Карта кандидата на ЛАСИК без значительных признаков кератоконуса

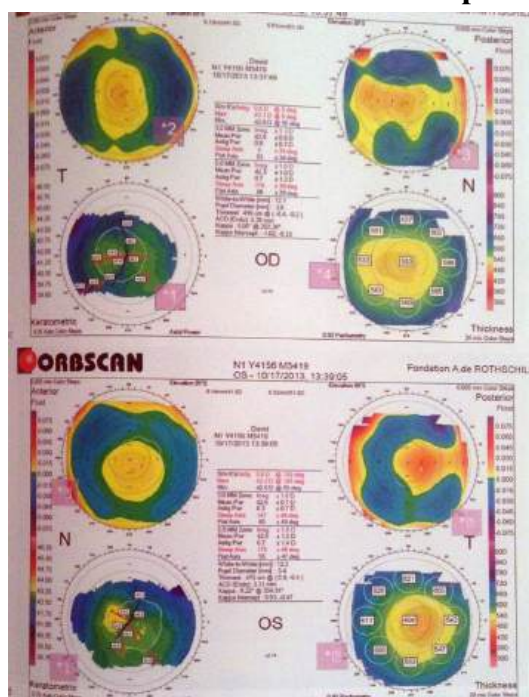


Рис. 36. Асимметрия паттернов на всех топограммах между правым и левым глазом. Хирургия на роговице противопоказана

Подобная картина отмечается на картах, отображенных на рис.37. асимметрия по выраженности передней и задней элевации пахиметрии и величины симулированной кератометрии между правым и левым глазом.

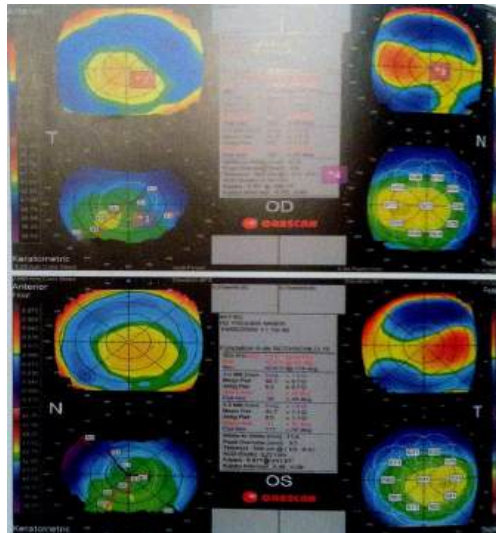


Рис. 37. Карта пациента с Frust кератоконусом. (Gatinel D. Topographie corneenne. – 2012)

В сомнительных случаях необходимо проведение кератотопограммы в динамике, с интервалом 3-6 месяцев (рис.38). При этом до уточнения диагноза устанавливается абсолютное противопоказание к рефракционной операции на роговице.

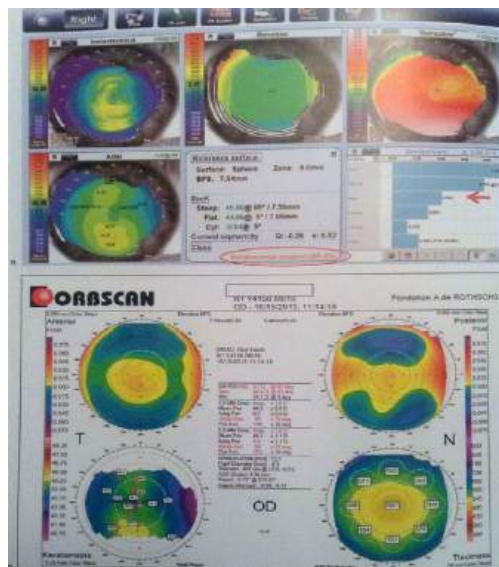


Рис. 38. Подозрение на кератоконус. Требуется динамическое наблюдение.
(Gatinel D. Topographie corneenne. – 2012)

В последнее время наблюдается определенный патоморфоз симптомов кератоконуса, что отличает начальные стадии от классического представления, что кератоконус развивается на фоне крутой и тонкой роговицы. Большой объем наших исследований показал, что чаще кератоконус развивается на фоне толстых (около 600 мкм) и плоских роговиц (с кривизной 38-40 дптр). Напротив высокие цифры кератометрии характерны для ложного кератоконуса (рис. 39).

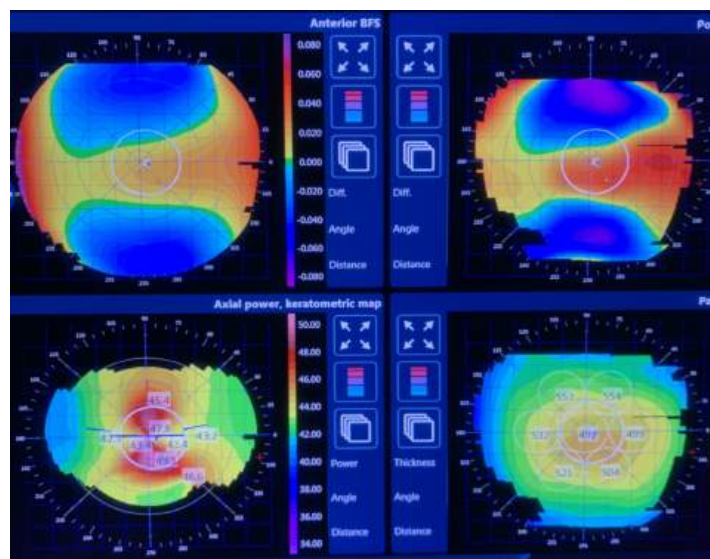


Рис.39. Ложный кератоконус (передняя кривизна роговицы 47 дптр)

В современных топографах анализ параметров, являющихся индикаторами эктазии роговицы автоматизирован. Примером может служить анализ Белина-Амброзио по нескольким индексам с формированием итогового индекса D, сигнализирующего о наличии признаков эктазии роговицы (рис. 40).

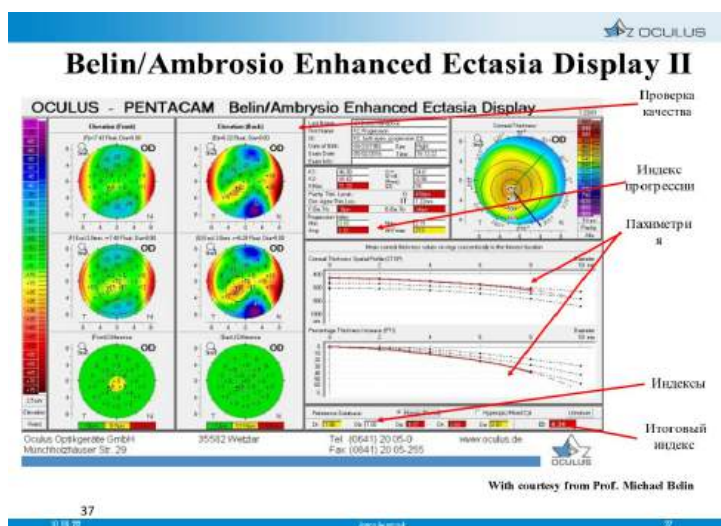


Рис.40. Анализ Белина – Амброзио для скрининга кератэктазии. (Материал компании Окулос)

Еще одной патологией роговицы, диагностика которой операция на кератотопография является прозрачная периферическая дегенерация роговицы. Основным дифференциально-диагностическим признаком отличия при прозрачной периферической дегенерации от кератоконуса является отсутствие концентричности передней, задней элевации и минимальной пахиметрической точки (рис.41). В случае концентричности этих ориентиров устанавливается диагноз кератоконус.

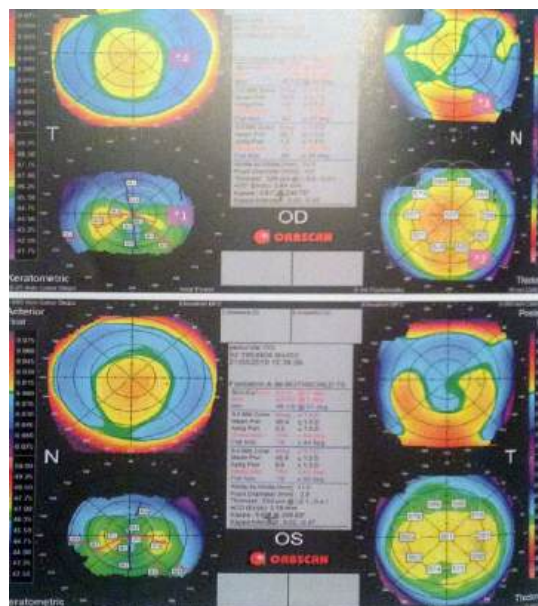


Рис.41. Подозрение на прозрачную периферическую дегенерацию роговицы
OU

Еще одной важной областью офтальмологии, где применяется кератотопография, является расчет интраокулярных линз, особенно с торическим компонентом. Топографию следует использовать при любых неравномерностях в оптической силе роговицы, т.к. она может помочь глобально понять приемлемость торической коррекции афакии (рис. 42, 43). Чтобы избежать циклоторсии можно использовать анатомические реперы в виде заметных сосудов. Для этого прямо на топограмме определяются их координаты меридианов, в которых они присутствуют. Кроме того, компьютерная топография роговицы абсолютно незаменима при расчетах ИОЛ после ранее перенесенных рефракционных операция на роговой оболочке. Именно топография роговицы позволяет наиболее точно оценить оптическую силу центральной, менее 3 мм зоны, которую не отображают кератометры, что ведет к рефракционным ошибкам.

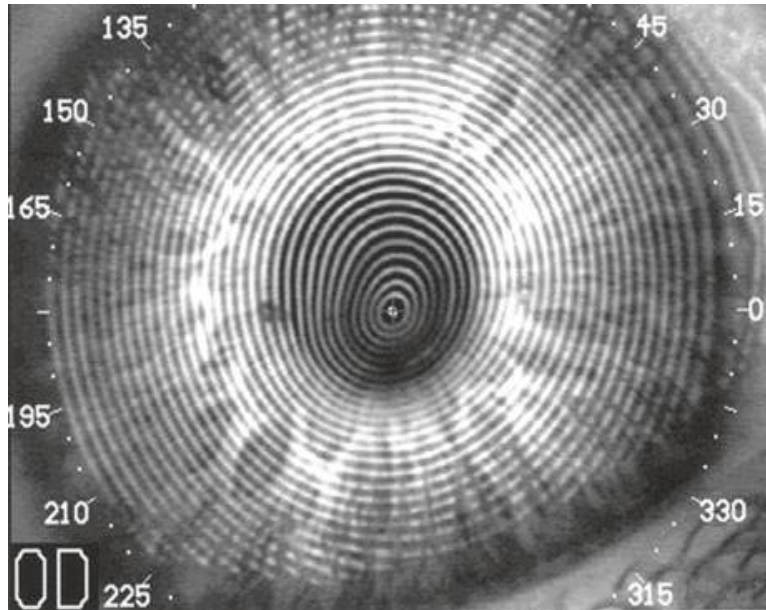


Рис.42. Зеркальная топография чувствительна и точна в определении роговичного астигматизма. (Corbett et al. Corneal Topographic. Principes and applications//Springer. – 2019. - P. 288. [19])



Рис.43. Разметка меридианов. (Gatinel D. Topographie corneenne. – 2012)

Поскольку изменение формы роговицы сильно влияет на рефракционный результат коррекции афакии необходимо контролировать состояние, как передней, так и задней поверхности роговицы (рис.44).

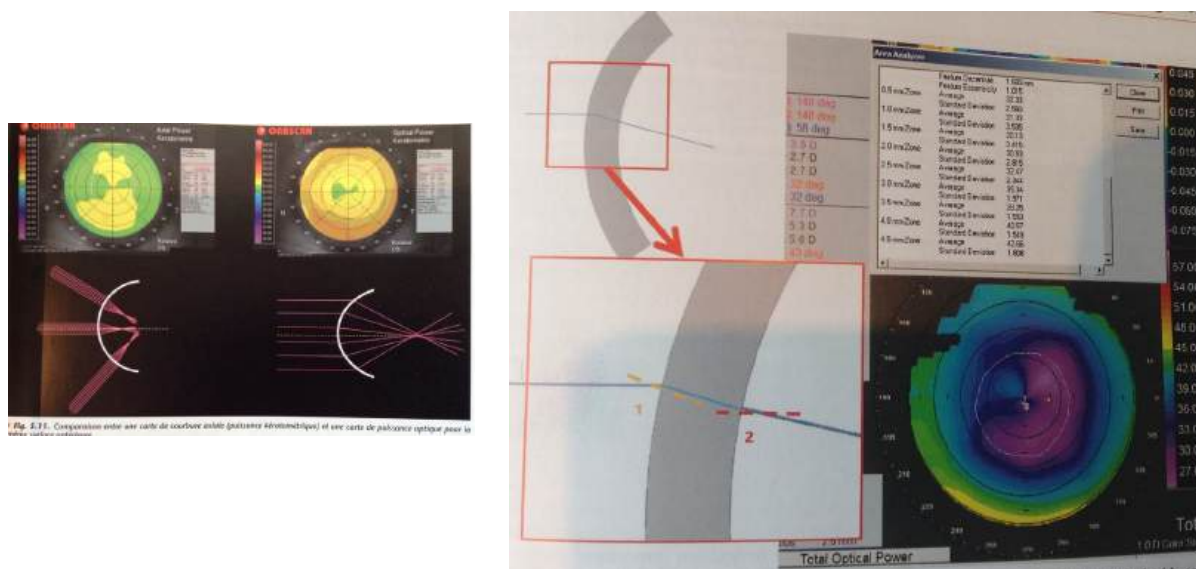


Рис.44. Форма роговицы сильнее влияет на реальную оптическую силу после операций деформирующих обе поверхности роговицы (например кератотомия). (Gatinel D. Topographie corneenne. – 2012)

Корнеальная топография в изучении биомеханики роговицы

Для определения локализации распределения механических напряжений по поверхности роговицы была разработана технология кератотензотопографии [3] (рис.45). Механические напряжения в роговице рассчитываются по уравнению Лапласа и они отражают распределение ригидности в роговице (это обратная напряжению величина)

Новые диагностические возможности при кератоконусе

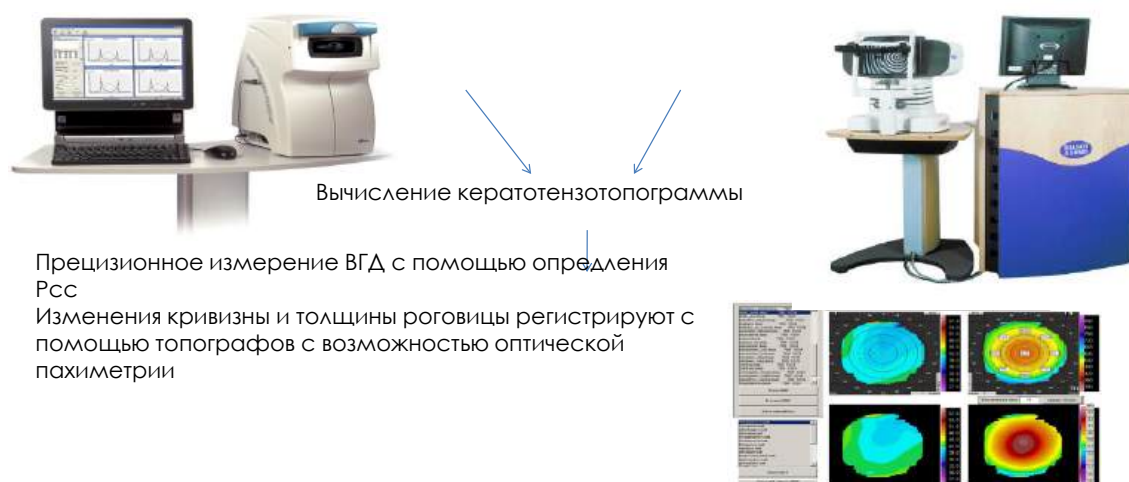


Рис.45. Расчет кератотензотопограммы по уравнению Лапласа

Поскольку биомеханические свойства любого объекта включают две характеристики – напряжение и растяжимость. Для определения второй величины требуется динамическое исследование в процессе повышения ВГД. Которое в нашем случае достигалось вакуумной компрессией глазного яблока [3]. Методика позволяет выявить зоны пониженной ригидности. Растягивающиеся при повышении ВГД. Это необходимо для планирования локального - персонализированного кросслинкинга. Нормальная роговица при повышении ВГД выпячивается в центре (рис.46). При кератоконусе вершина роговицы при повышении ВГД проседает (рис.47) При этом фиксируется зона пониженной ригидности в области средней периферии в 5-7 мм от центра роговицы.

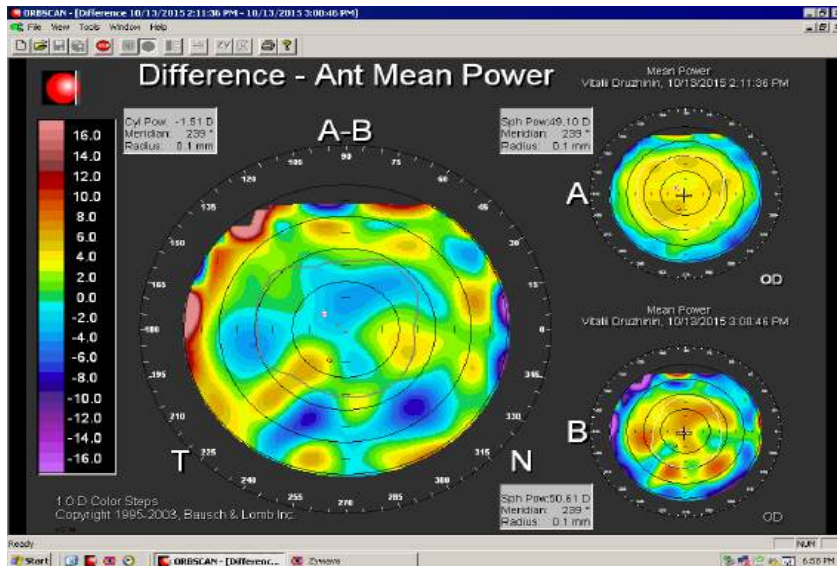


Рис. 46. Реакция топографии нормальной роговицы на повышение ВГД

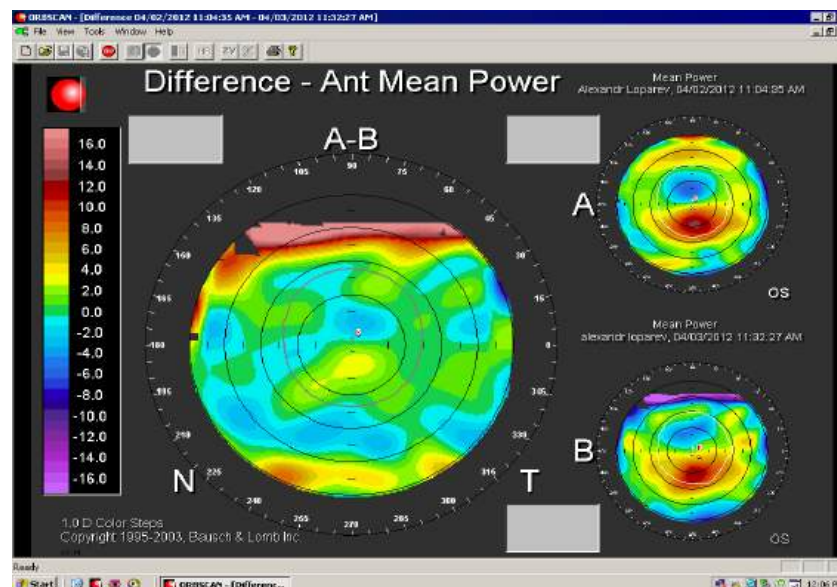


Рис.47. Дифференциальные карты при компрессионной пробе у больного кератоконусом

Закключение

Таким образом, корнеальная топография является высокоинформативным индивидуальным методом контроля профиля роговицы, что и большое значение при диагностике дегенераций роговицы, планировании рефракционных операций и расчете интраокулярных линз.

Тестовые вопросы:

1. Приборы, которые служат для измерения кривизны роговицы:
 - a. Щелевая лампа
 - b. Кератометр
 - c. Тонометр
 - d. Диоптриметр

2. Основные виды топографов, которые используются в клинической практике:
 - a. Отражательные и проекционные
 - b. Конструкции Жаваль
 - c. Кератометрические
 - d. Офтальмометры

3. При проведении отражательной кератотопографии определяется:
 - a. Толщина роговицы
 - b. Кривизна передней поверхности
 - c. Кривизна обеих поверхностей роговицы
 - d. Кривизна задней поверхности роговицы

4. На поверхности роговицы при корнеальной топографии зеркального типа формируется изображение следующего типа:
 - a. Обратное мнимое
 - b. Прямое действительное
 - c. Прямое мнимое
 - d. Обратное действительное

5. Пахиметрическую карту роговицы формирует топограф следующего типа:
 - a. Зеркальный

- b. Проекционный
 - c. Хроматический
 - d. Кератометр
6. При проведении топографии проекционного типа измеряется:
- a. Только кривизна передней и задней поверхности
 - b. Только кривизна задней поверхности
 - c. Только толщина роговицы
 - d. Кривизна передней, задней поверхности и толщина роговицы.
7. Апикальный рефлекс это:
- a. Отражение фиксационной точки от передней поверхности хрусталика
 - b. Отражение фиксационной точки от задней поверхности роговицы
 - c. Отражение фиксационной точки от наивысшей точки передней поверхности роговицы
 - d. Отражение фиксационной точки от задней поверхности хрусталика
8. Зрительная ось проходит:
- a. Через центр зрачка
 - b. Примерно посередине между серединой зрачка и апикальным рефлексом
 - c. Через апикальный рефлекс
 - d. Через анатомический цент роговицы
9. Угол каппа это:
- a. Угол между осью, проходящей через центр зрачка и осью проходящей через анатомический центр зрачка

- b. Угол между осью, проходящей через апикальный рефлекс и осью проходящей через центр зрачка
- c. Максимальный угол, на который может отклоняться глаз
- d. Угол между осью проходящий через вершину роговицы и осью проходящей через апикальный рефлекс

10. Угол каппа больше:

- a. При дальнозоркости
- b. При астигматизме
- c. При близорукости
- d. При смешанном астигматизме

11. Величина угла каппа зависит от:

- a. Кривизна роговицы
- b. Глубина передней камеры
- c. Диаметр роговицы
- d. Длина глаза

12. Величина угла каппа, при которой не рекомендуется выполнять рефракционные операции:

- a. 2 градуса и более
- b. Более 7 градусов
- c. Более 5 градусов
- d. 0 градусов

13. В роговицах обоих глаз в норме присутствует симметрия следующего вида:

- a. Поворотная
- b. Осевая
- c. Зеркальная

d. Центральная

14. Наименьшая вероятность кератоконуса существует при следующем виде астигматизма:

- a. При прямом, симметричном
- b. При косом
- c. При обратном
- d. При асимметричном

15. Для кератоконуса характерно:

- a. Двустороннее течение, с более ранним проявлением в одном из глаз
- b. Двустороннее симметричное течение
- c. Одностороннее течение
- d. Двустороннее течение, с одновременным проявлением на обоих глазах

16. При подозрении на кератоконус перед рефракционной операцией необходимо:

- a. Провести рефракционную операцию
- b. Отказаться от рефракционной операции
- c. Отменить рефракционную операцию, назначить динамическое наблюдение
- d. Провести операцию кросслинкинг роговицы

17. Совпадение на топограммах точки наибольшей кривизны, точки минимальной толщины, центра передней и задней элевации характерно для:

- a. Прозрачной периферической дегенерации роговицы
- b. Кератоконуса
- c. Буллезной кератопатии

d. Синдрома сухого глаза

18. Отсутствие концентричности точек максимальной кривизны, минимальной толщины и центров элевации передней и задней поверхности характерно для:

- a. Прозрачной периферической дегенерации роговицы
- b. Кератита
- c. Кератоконуса
- d. Буллезной кератопатии

19. Кератотопографы при расчетах ИОЛ после рефракционных операций нужно использовать потому что:

- a. Есть возможность определить рефракцию в пределах внутри 3-х мм зоны.
- b. Есть возможность определить оптическую силу роговицы в 3-х мм зоне
- c. Есть возможность определить оптическую силу в 5 мм зоне роговицы
- d. Есть возможность оценить асферичность роговицы

20. При повышении ВГД кривизна роговиц на топограмме в норме:

- a. Не меняется
- b. Становится более плоской в центре
- c. Становится более выпуклой в центре
- d. Становится плоской на периферии

Правильные ответы:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
b	a	b	a	b	d	c	b	b	a
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
d	b	c	c	a	c	b	a	a	b

Лекция №2. Современные методы коррекции зрения

План лекции

1. Типы коррекции аномалий рефракции
2. История развития роговичной коррекции аномалий рефракции
3. Принципы современной коррекции аномалий рефракции
4. Клиническое значение аберраций в коррекции аномалий рефракции
5. Алгоритмы диагностики при планировании роговичных методов коррекции зрения
6. Показания и противопоказания
7. Техника операций
8. Асферическая коррекция миопии
9. Осложнения операций
10. Фемтосопровождение рефракционной хирургии
11. Лазерная коррекция пресбиопии
12. Интрастромальная коррекция аномалий рефракции (Смайл)

Современные методы коррекции зрения включают в себя нехирургические (очковая, контактная коррекция) и хирургические методы [5].

Типы коррекции:

● Роговичные:

- кератомилез
- имплантация сегментов и инлаев
- Кератотомии
- лазерная коррекция (ФРК, ЛАСИК, Смайл)

● Внутриглазные:

- факичная коррекция
- коррекция афакии

Хирургические методы коррекции обеспечивают более высокое качество жизни по сравнению с нехирургическими, т.к. не требуют дополнительного ухода за средствами коррекции. Пациенты после хирургических методов коррекции более автономны, а образ жизни их практически полностью соответствует образу жизни здоровых людей. Хирургическая коррекция может выполняться как косметическая операция, призванная избавить пациентов от ношения очков, так по профессиональным или медицинским показаниям. Профессиональные показания формируются при невозможности в процессе работы использовать очки или контактные линзы. Медицинские показания связаны с непереносимостью очковой или контактной коррекции.

История развития современных методов коррекции зрения

Первой операцией, которую можно отнести к эффективной коллекции миопии или гиперметропии хирургическим методом следует отнести кератомилез, разработанный доктором Барракером в 1963 году (рис.48) и была в дальнейшем усовершенствована рядом отечественных авторов [8]. Суть операции заключалась во временном удалении части роговицы в оптической зоне, которую обрабатывали в замороженном виде на специальном токарном станочке. После придания требуемого для коррекции зрения профиля роговичный фрагмент реплантировали на поверхность глаза

Keratomileusis



J.Barraquer



Рис.48. Доктор Х. Барракер. Изображение микрокератома для проведения автоматизированного кератомилеза (АЛК).

В 1963 году J.Barraquer сконструировал первый микрокератом (прибор для расслаивания роговицы). Эти операции получили название миопический кератомилез (МКМ) для коррекции близорукости и гиперметропический кератомилез (НКМ) для коррекции дальнорукости.

В 90-х годах L.Ruiz модифицировал микрокератом и технику операции. Этот тип операций стал называться автоматизированная ламмелярная кератопластика (АЛК).

Кератомилез оказался эффективным методом коррекции аномалий рефракции высокой степени. Однако не всегда давал высокие визуальные результаты из-за сложностей центрации реплантационной роговицы.

Технический прогресс в области лазерной техники, в частности с появлением, используемых в электронной промышленности эксимерных лазеров с длиной волны 193 нм, появилась возможность проводить абляцию роговицы *In situ*. Это создало определенные преимущества по сравнению с распространенной до этого технологией кератотомии. При кератотомии значительно снижается прочность роговицы, что иногда приводило к серьезным травматическим повреждениям с расхождением послеоперационных рубцов с тяжелыми последствиями. Фоторефрактивную кератэктомия с рефракционными целями впервые применил доктор С.Трокел [37] из Нью-Йорка (рис.49). Эта операция имела всего два основных недостатка. Это выраженный роговичный синдром, длительностью до 3-х суток и риск возникновения центральных частичных помутнений (Хейз).

PRK

Trokel S., 1983

ФРК (фоторефракционная кератэктомия)
"дозированное удаление
ткани роговицы методом
выпаривания с помощью
эксимерного лазера".

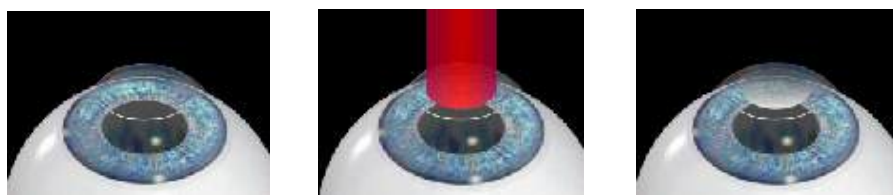


Рис.49. Доктор С. Трокел и принцип предложенной им лазерной коррекции зрения.

Именно необходимость избавиться от этих недостатков привела к разработки следующего поколения операций лазерной коррекции аномалий рефракции – лазерного ин ситу кератомилеза (ЛАСИК) [31,32]. Операцию впервые предложил и осуществил в эксперименте отечественный ученый физик А.М. Ражев (1986). В западном мире авторами методики признают докторов Л. Буратто и С. Поликариса (1989) (рис.50).

LASIK

В 1989 г. **L.Buratto** и **S.Pallikaris** нашли путь устранения недостатков АЛК и ФРК за счёт совмещения этих двух технологий.

LASIK - «Laser Assisted In Situ Keratomileusis».

В отечественной литературе используется двойное написание этой аббревиатуры: ЛАСИК или ЛАЗИК.

LASIK сегодня - гордость рефракционной хирургии.



А.М. Ражев



L.Buratto



S.Pallikaris

Рис.50. Разработчики метода ЛАСИК

Широкие возможности эксимерного лазера в коррекции аномалий рефракции определяются в основном свойствами эксимерного лазерного излучения.

Эксимерный лазер – основное “действующее лицо” лазерной коррекции. Эксимерный лазер был разработан в 1976 году. Своё название он получил от комбинации двух слов: *excited* - возбуждённый, *dimer* - двойной. Активное тело таких лазеров состоит из смеси двух газов - инертного газа и галогена. При подаче высокого напряжения в смесь газов, атом инертного газа и атом галогена формируют молекулу двухатомного газа. Эта молекула находится в возбужденном и крайне нестабильном состоянии. Через мгновение, порядка тысячных долей секунды, молекула распадается. Распад молекулы приводит к излучению световой волны в ультрафиолетовом диапазоне. Принцип воздействия излучения ультрафиолетового диапазона на органическое соединение, в частности на роговичную ткань, заключается в разъединении межмолекулярных связей и перевод части ткани из твердого состояния в газообразное (фотоабляция).

Важная черта - это точность. С каждым импульсом лазер удаляет приблизительно 1/500 часть толщины человеческого волоса.

Лазерная коррекция аномалий рефракции

При коррекции миопии воздействие оказывается на центральную, оптическую зону роговицы. При этом происходит истончение стромы роговицы пропорционально степени близорукости (рис.51).

Миопия

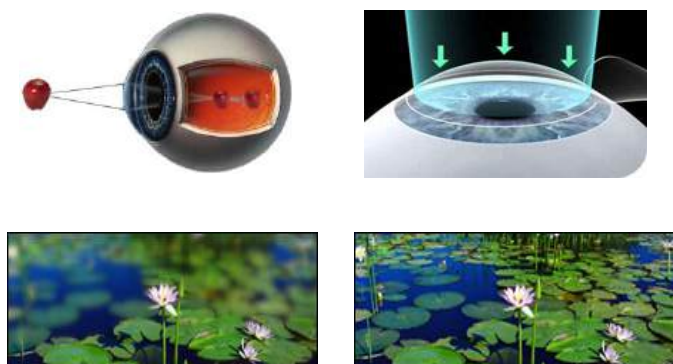


Рис.51. ЛАСИК при коррекции миопии.

При коррекции дальнозоркости центральная область роговицы почти не затрагивается, абляция стромы происходит на периферии, что усиливает рефракцию роговицы (рис.52). При коррекции астигматизма лазер усиливает или ослабляет за счет локальной абляции стромы строго определенные участки, соответствующие оси астигматизма (рис.53).

Гиперметропия

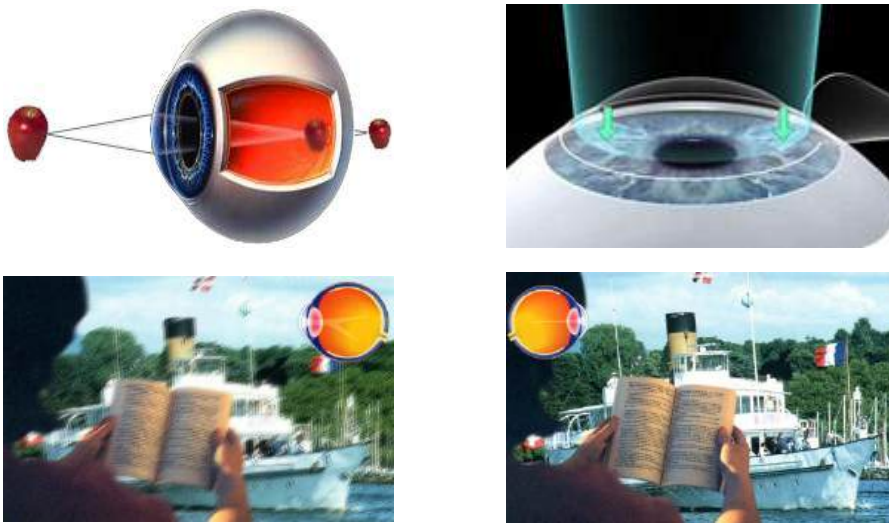


Рис.52. ЛАСИК при коррекции гиперметропии

Астигматизм

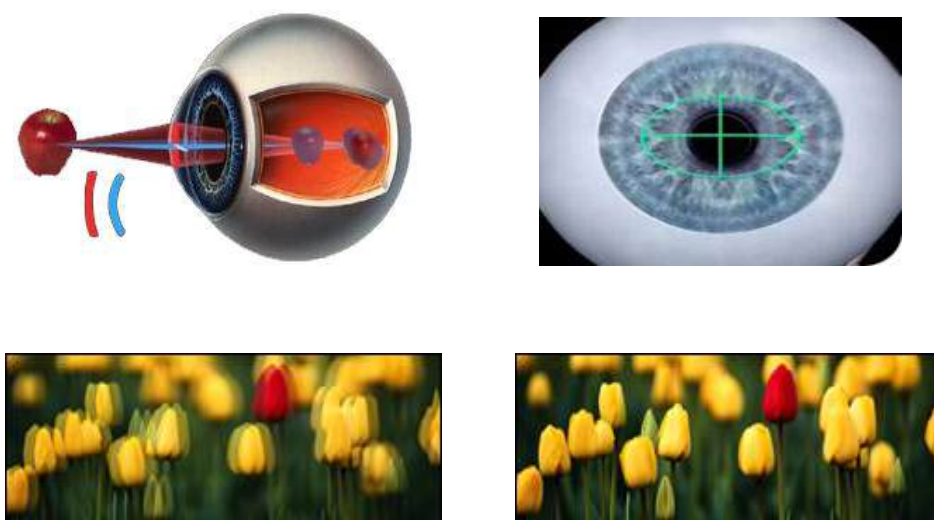


Рис.53. ЛАСИК при коррекции астигматизма. (материалы представлены компанией Technolas)

Не всегда удачно проведенная лазерная операция давала пациентам полное удовлетворение. Причиной этого становилось наведение дополнительных сферических aberrаций из-за простого сферического профиля абляции. Различные оптические aberrации являются причиной плохой переносимости многих видов коррекции зрения (рис.54).

Аберрации в жалобах

Сегодня я получила свои очки. Сказать, что я в ужасе - это ничего не сказать. Сплошные искажения - на меня падают с боку стены, валятся книжные полки, взятая в руки книга выглядит как трапеция. Ходить могу с трудом - постоянно натыкаюсь на предметы, которые в моем представлении должны быть в метре от меня. Монитор из плоского превратился в шарообразный. Работать тоже не могу - на экране монитора все выглядит в два раза меньше, и в жутких диспропорциях.

Контактные линзы также индуцируют aberrации.



Рис.54. Оптические aberrации, возникающие при коррекции зрения

Полиномы Цернике описывают математически возможные варианты aberrаций уравнениями различного порядка. Для офтальмологии является актуальным учет aberrаций до 4-5 порядка [2] (рис.55).

Полиномы Цернике

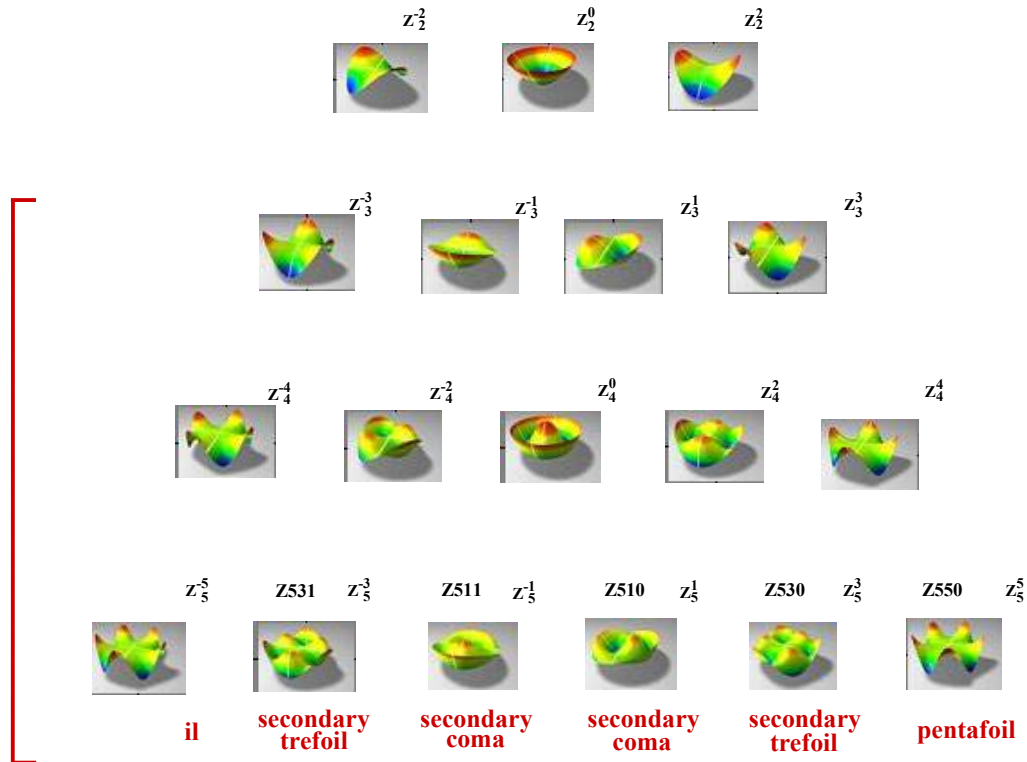


Рис.55. Виды aberrаций, описанные полиномами Цернике [40]

Для корректного планирования лазерной коррекции необходимо соблюдать правильный протокол обследования пациента, который включает в себя алгоритм, позволяющий с высокой достоверностью определить показания к лазерной коррекции и провести точный расчет операции.

Алгоритм диагностического обследования при планировании ЛАСИК:

- Рефрактометрия
- Кератометрия
- Определение остроты зрения с максимальной коррекцией
- Обследование на Рефракционном диагностическом комплексе ZDW (компьютерная кератотопография, пахиметрия, aberметрия)
- Биометрия (А-сканирование)

- Тонометрия и гистерезис
- Биомикроскопия
- Циклоплегия
- Рефрактометрия в условиях циклоплегии
- Осмотр глазного дна (в том числе и его крайней периферии)
- Беседа с пациентом

При планировании ЛАСИК показания могут носить «косметологическую» характеристику:

- **85 %** - Надоело плохое зрение
- 83,3 % - Хотели снять очки
- 72,2 % - Неудобство или непереносимость контактных линз и очков
- 70 % - Занятие спортом
- 59,5 % - Желание изменить имидж
- 26,7 % - Постоянные затраты на контактные линзы и очки
- 20,2 % - Желание продвинуться по службе

профессиональную необходимость:

- Политики.
- Медики.
- Спортсмены.
- Артисты.
- Лица, чья деятельность, связанная с мгновенным реагированием (военные, полиция, пожарные).
- Работа в зоне с агрессивной средой (запыление, задымление, загазованность).
- Люди, неудовлетворённые “нынешней жизнью”, стремящиеся к “новой жизни”

или опираются на медицинские показания:

- Не прогрессирующая миопия до 15 дптр.
- Миопический астигматизм до 6.0 дптр.
- Гиперметропия до 8.0 дптр.
- Гиперметропический астигматизм до 6.0 дптр.
- Смешанный астигматизм до 6.0 дптр.
- Анизометропия.
- После 18 лет.
- В сложных случаях в сочетании анизометропии, астигматизма и амблиопии возможно проведение Lasik с 12 лет.

При планировании ЛАСИК следует учитывать абсолютные (рис.56) и относительные противопоказания к операции (рис.57)

Абсолютные противопоказания

Общие:

- Возраст менее 18 лет.
- Беременность и весь послеродовой период кормления ребенка восстановления гормонального уровня). (до
- Первичные и вторичные иммунодефицитные состояния.
- Тяжелые психические заболевания.
- Онкологические заболевания.
- Тяжелые сосудистые заболевания.

Со стороны глаз:

- Острые глазные заболевания.
- Единственный глаз.
- Толщина роговицы менее 450 мкм.
- Кератоконус и подозрение на кератоконус.
- Прогрессирующая миопия.
- Глаукома.
- Катаракта, вне зависимости от стадии развития.
- Отслойка сетчатки.
- Herpes simplex и herpes zoster.

Рис.56. Абсолютные противопоказания к операции ЛАСИК

Относительные противопоказания к LASIK

Общие

- Диабет
- Наличие кардиостимулятора
- Эндогенные психозы
- Аутоиммунные заболевания (коллагенозы, артриты)
- Тяжелые сосудистые заболевания

Со стороны глаз

- Хронические воспалительные заболевания переднего и заднего отделов глаза, слезоотводящего аппарата
- Изменения сетчатки, которые требуют профилактической лазерной коагуляции
- Проникающие рубцы роговой оболочки (в оптической зоне)
- Спазм аккомодации
- Выраженный нистагм

Рис.57. Относительные противопоказания к операции ЛАСИК

Операция ЛАСИК включает в себя несколько основных этапов (рис.58).

Этапы операции LASIK:

1. Анестезия
2. Установка векорасширителя
3. Фиксация вакуумного кольца
4. Поверхностная частичная кератэктомия
5. Поднятие роговичного лоскута
6. Лазерная абляция по заданной программе
7. Промывание стромального ложа и удаление возможных инородных включений
8. Возврат лоскута на вновь образованное ложе
9. Удаление векорасширителя

Антибактериальная и противовоспалительная терапия

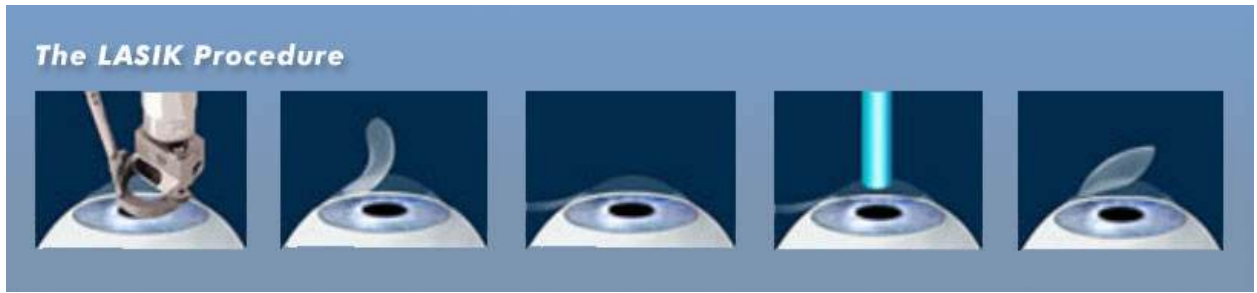


Рис.58. Основные этапы операции ЛАСИК. (<https://glazexpert.ru/wp-content/uploads/d/f/9/df92f628122aabcce183471828ac81850.jpg>)

Поскольку обычная лазерная коррекция увеличивает количество сферических аберраций (рис.59), то требуется введение специальных поправок для формирования асферического профиля абляции.

Классическая рефракционная хирургия индуцирует аберрации

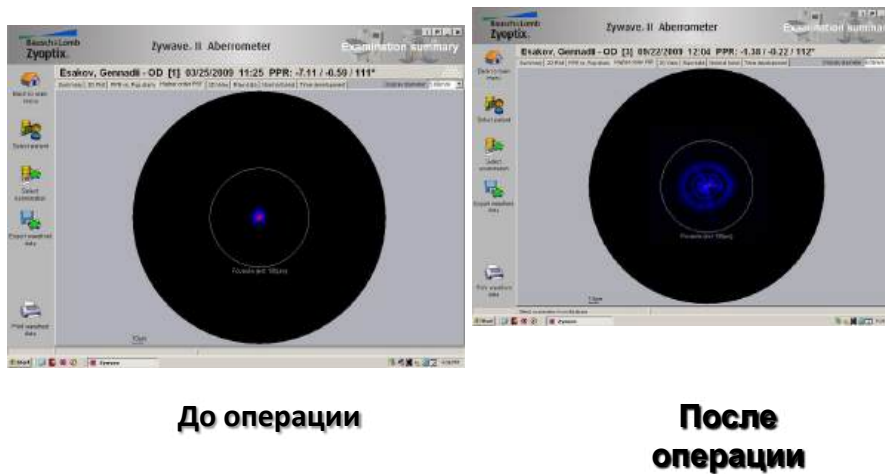


Рис.59. Увеличение сферических аберраций по данным aberrometry после обычной процедуры ЛАСИК.

Поэтому планирование современных алгоритмов операции проводится с учетом уровня аберраций (рис.60).

Алгоритм Zyoptix® Treatment

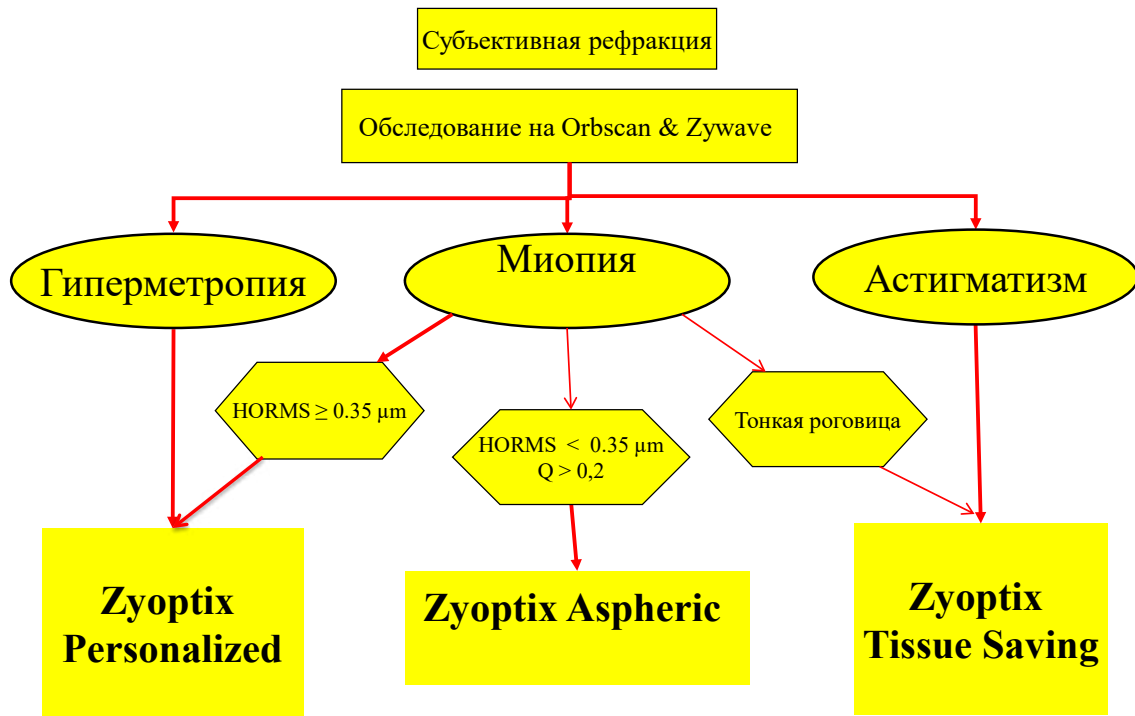


Рис.60. Алгоритм планирования ЛАСИК в зависимости от уровня aberrаций

Индукцированные лазерной коррекцией миопии сферические aberrации

Основным раздражающим фактором после операции ЛАСИК для пациентов являются сферические aberrации (рис.61). В сумеречных условиях эти aberrации резко усиливаются (рис.62)

Сферические aberrации

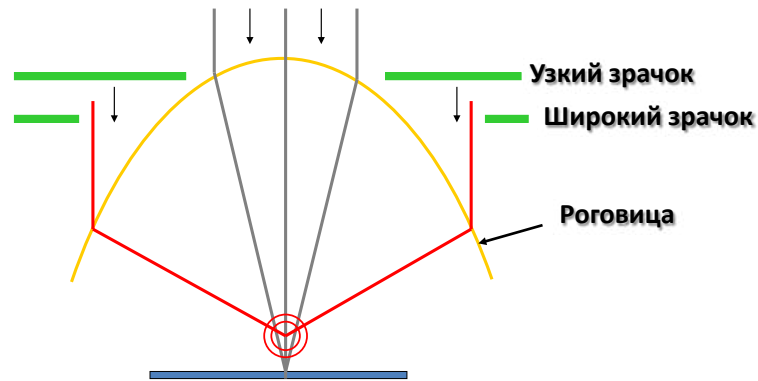


Рис.61. Схема образования сферических aberrаций в глазу в зависимости от ширины зрачка. (Материалы представлены компанией Технолаз).

Сферические aberrации и ширина зрачка

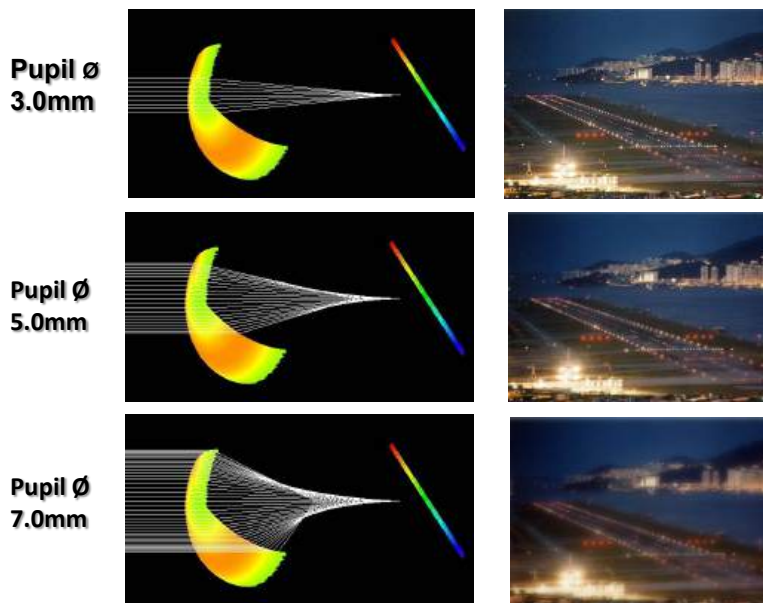


Рис.62. Усиление сферических aberrаций в сумеречных условиях. (Материалы представлены компанией Технолаз)

Для минимизации этих отрицательных визуальных эффектов, которые усиливаются после операции ЛАСИК применяется асферический профиль абляции (рис.63). Это улучшает качество зрения в сумеречных условиях и при засветках светящимися объектами

Асферическая коррекция

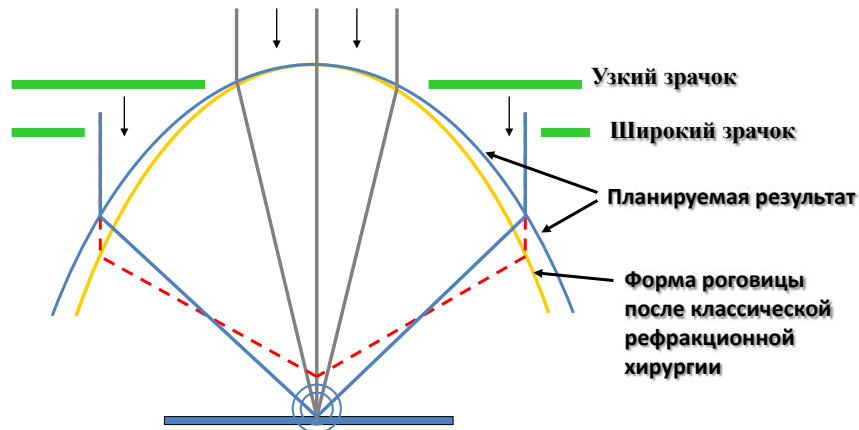


Рис.63. Асферический профиль абляции при асферическом ЛАСИКе. Материалы представлены компанией Технолаз)

Как при каждом хирургическом вмешательстве при осуществлении операции ЛАСИК возможно возникновение осложнений.

ОСЛОЖНЕНИЯ LASIK:

- **ПРЕДОПЕРАЦИОННЫЕ**
- **ИНТРАОПЕРАЦИОННЫЕ**
- **ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫЕ**

Интраоперационные осложнения в большинстве случаев связаны с нарушением техники операции. Их количество резко уменьшается при совершенствовании хирургом технических навыков.

ИНТРАОПЕРАЦИОННЫЕ ОСЛОЖНЕНИЯ:

- ПОВРЕЖДЕНИЕ ЭПИТЕЛИЯ
- НЕПРАВИЛЬНОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ЛОСКУТА:
 - повреждение лоскута (разрыв flap)
 - неполное формирование лоскута (лоскут с широкой ножкой)
 - полный срез поверхностного лоскута
 - децентрация среза
 - обратный срез
- ДЕЦЕНТРАЦИЯ АБЛЯЦИИ
- НЕПРАВИЛЬНАЯ УКЛАДКА ЛОСКУТА
- НАЛИЧИЕ ПОСТОРОННИХ ВКЛЮЧЕНИЙ ПОД ЛОСКУТОМ
- ГЕМОРАГИЧЕСКИЕ ОСЛОЖНЕНИЯ
- ЛЕНЗОДОНЕЗ
- ОТСЛОЙКА СЕТЧАТКИ

Послеоперационные осложнения связаны обычно с неправильным ведением пациента, присоединением инфекции или активацией спящего кератоконуса. Довольно частым осложнением является синдром сухого глаза

ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫЕ ОСЛОЖНЕНИЯ:

- Синдром неполной адаптации лоскута (нарушение адгезии – дислокация лоскута)
- Потеря лоскута
- Травматическое повреждение лоскута роговицы
- Эпителиальные кисты и другие инородные включения
- Неправильный астигматизм

- Гипо- или гиперкоррекция
- Кератит, расплавление лоскута
- Проявление симптомов “сухого глаза”
- Кератоконус

ЛАСИК на современном уровне остается самой популярной операцией коррекции зрения и это обусловлено ее преимуществами.

Преимущества LASIK:

- Практически безболезненно.
- Высокая прогнозируемость эффекта операции.
- Быстро.
- Амбулаторно.
- Быстрая реабилитация.
- Стабильность результатов.
- Сохранение анатомо-физиологического состояния слоев роговицы.
- Низкий риск осложнений.
- Эффектно и эффективно. Многие испытывают самый настоящий шок от удивления и радости – ведь картина мира разительно меняется, зрение становится идеальным, и самое главное – это ВЫ видите так хорошо!

Совершенствование лазерных систем привело к возникновению фемтосекундных лазеров, которые способны без дополнительного механического воздействия выполнять разрезы роговиц в любых направлениях (рис.64). Это делает возможным выполнения лоскута роговицы при ЛАСИКе с более точным дозированием его толщины. Выполненные с высокой частотой повторения сверхкороткие импульсы «режут» прозрачную ткань роговицы по заданной программе (рис.65). Происходит дизрупция тканей сверхкороткими импульсами инфракрасного лазера.

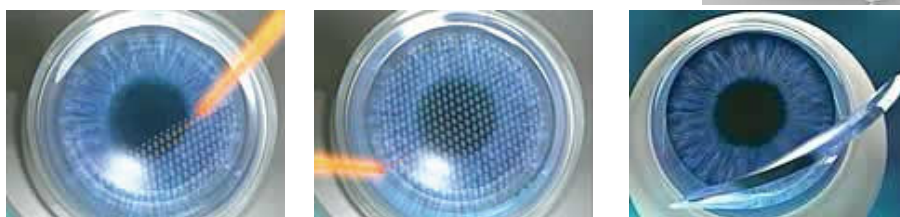
Фемтосекундный лазер



Рис.64 Фемтосекундный лазер Виктус

Луч лазера инфракрасного света в состоянии чрезвычайно точно производить разрез ткани, что является большим преимуществом в лазерной хирургии. В работе фемтосекундного лазера используются ультракороткие световые импульсы, которые длятся всего лишь одну миллиардную долю секунды.

Фемтосекундный лазер



Энергия луча фемто-лазера освобождается не на поверхности роговицы, а на ее определенной глубине. При этом, с помощью сильной фокусировки лазерного луча, можно добиться очень высокой плотности энергии. В фокусной точке луча лазера наступает, так называемый эффект «фотодизрупции».

Рис.65. Рассечение ткани роговицы фемтолазером по заданной программе

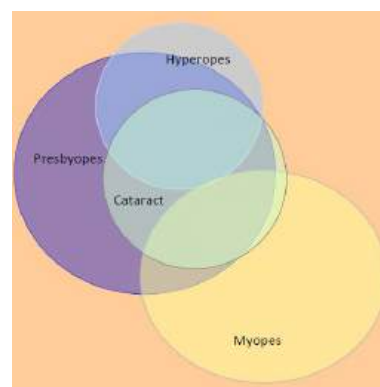
Все остальные этапы полностью соответствуют технологии ЛАСИК

Технология Супракор

Возможность коррекции зрения за счет абляции ткани роговицы очень расширились в связи с повышением прецизионности лазеров. Появилась возможность формирования сложных профилей, позволяющих создавать многофокусные системы. Это направление очень актуально в связи с распространенностью пресбиопии в мире и России (рис.66).

Пресбиопия в России

- ❖ Пресбиопов в России: **51.2 млн**
- ❖ Из них 45-65 -летних: **26.4 млн**
- ❖ Примерно ~25% материально готовы избавиться от очков: **6.6 млн**
- ✂ Минус 15% «не подходят» по мед. показаниям: **5.6 млн**
- ❖ Количество 45-65- летних полностью обновляется каждые 20 лет и постоянно увеличивается



Стремительное развитие информационных технологий и увеличение доли зрительной нагрузки вблизи заставляет человека искать возможность обходиться без очков

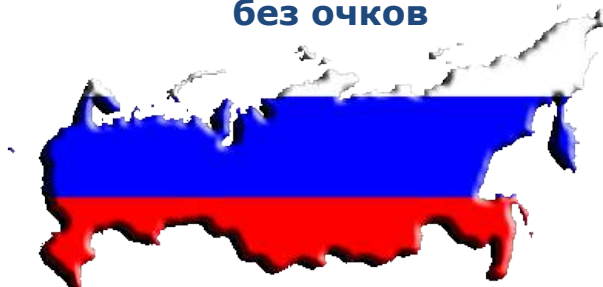
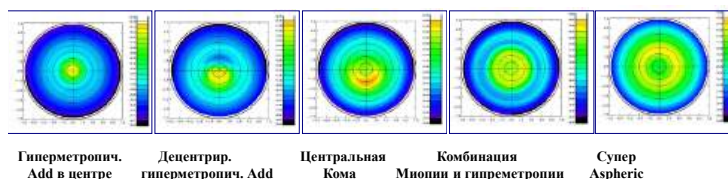


Рис. 66. распространенность пресбиопии в России

Существует несколько вариантов формирования на роговице оптических систем, которые могли бы обеспечить достаточно высокую остроту зрения как вдаль, так и вблизи, каждая из этих методик обладает существенными недостатками (рис.67).

Типичные методики лечения

Недостатки ранее существовавших методик лазерной коррекции пресбиопии



- ❖ Аберрации, обусловленные мультифокальным профилем абляции
- ❖ Аберрации в результате «перекрытия» промежуточных зон внутри оптической зоны
- ❖ «Компромисс» - улучшение зрения вблизи с потерей дистанционного зрения и контрастности

Рис.67. Виды лазерной коррекции пресбиопии и их основные недостатки.

Супракор выполняется по специальному оптимизированному алгоритму в зависимости от рефракции пациента. При этом в центре роговицы формируется зона аддидации диаметром 2,5 мм и высотой не более 11 мкм. Это позволяет получать бифокальную оптическую систему, обеспечивающую высокую остроту зрения вблизи и вдали (рис.68)

ЛАЗЕРНАЯ КОРРЕКЦИЯ ПРЕСБИОПИИ SUPRACOR

1. Коррекция дистанционного зрения

- Коррекция гиперметропии или миопии в зависимости от величины дооперационной аметропии
- Применение номограммы для достижения целевого значения сферэквивалента для дали

2. Коррекция пресбиопии

- Прибавка для близи с целью увеличения рефракции в определённой зоне роговицы
- Изменение формы роговицы внутри оптической зоны для повышения глубины фокуса (псевдоаккомодация)

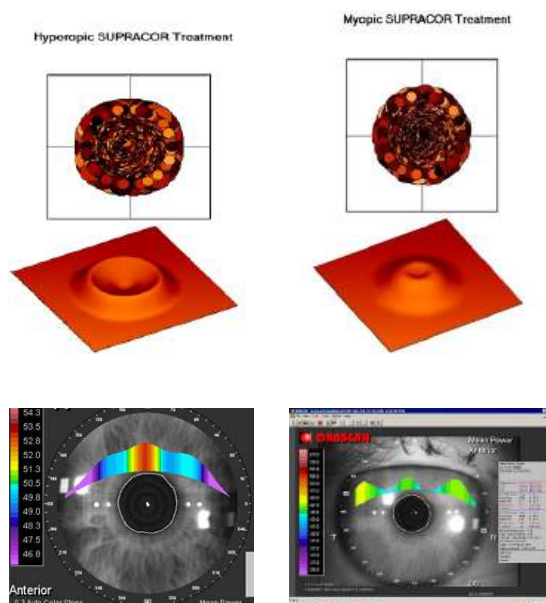


Рис.68. Форма зоны аддидации для близи в зависимости от рефракции пациента (для гиперметропии - справа и миопии - слева).

Критерии отбора пациентов при сопутствующей пресбиопии гиперметропии:

- ◆ Астигматизм до 2.0 Д.
- ◆ Средние К-значения от 42.0 до 44.0 Д.
- ◆ Возраст 47 лет и больше.
- ◆ Сферозэквивалент от +0,25 Д. до +4,0 Д.
- ◆ Требуемая аддидация для близи от + 1,75 Д.
- ◆ Максимальная разница в рефракции с узким и широким зрачком 0.5 Д.
- ◆ Острота зрения каждого глаза с коррекцией 0.8 и выше.
- ◆ Отсутствие хирургического вмешательства в анамнезе, прозрачные оптические среды.

Критерии отбора пациентов при сопутствующей пресбиопии миопии:

- ☛ Возраст – старше 45 лет
- ☛ Не оперированная роговица
- ☛ Сфера от -2D до -5D
- ☛ Цилиндр не более 2D
- ☛ Сферический эквивалент (-2D;-5D)
- ☛ Кератометрия средняя до 45 D (для механики)
- ☛ Угол Каппа не более 10 градусов
- ☛ BCDVA: 1.0 (по Snellen 20/20) и лучше
- ☛ Максимальная разница между рефракцией пациента и рефракцией при циклоплегии не должна быть больше 0,75D
- ☛ Добавка для близи от 1,5 D и более

- ☛ Зрачок (photopic) – не менее 2,9
- ☛ Размер зрачка в мезопических условиях должен быть не больше 6,5 мм.
- ☛ Симуляционный тест
- ☛ Важен правильный выбор пациентов и тщательная беседа с ними о мультифокальной коррекции

Алгоритм обследования при планировании операции Супракор:

- ☛ **Субъективная и циклоплегическая рефракция**
- ☛ **Острота зрения вдаль монокулярно и бинокулярно, с коррекцией и без**
- ☛ **Острота зрения вблизи монокулярно и бинокулярно, с коррекцией и без**
- ☛ **Исследование топографии роговицы**
- ☛ **Аберрометрия**

Технология Смайл

Еще одним воплощением возможностей фемтолазеров стала операция Смайл принцип, которой заключается в извлечении из роговицы части стромы (лентикулы), соответствующей по форме линзе, требуемой для коррекции миопии или астигматизма [34] (рис.69, 70). Операция практически повторяет все преимущества операции ЛАСИК, однако, пока не может быть использована для коррекции гиперметропии или гиперметропического астигматизма.

Технология «смайл»



Рис.69. Этапы процедуры СМАЙЛ. (www.glazexpert.ru)

Технология «Смайл»



Рис.70. После извлечения части стромы роговица приобретает требуемую для коррекции кривизну. (www.glazexpert.ru).

Основные риски операции Смайл связаны с возможностью возникновения неполного удаления лентиккулы с формированием неправильного астигматизма. Возможна также перфорация роговицы на этапе удаления лентиккулы.

Заключение

В настоящее время в технологии интрастромальной коррекции аномалий рефракции идут большие положительные сдвиги. Это реализация трекинга за смещением глаз, разработка алгоритмов позволяющих работать с учетом волнового фронта, создание асферических алгоритмов и алгоритмов для гиперметропической коррекции. Изложение материала по возможностям коррекции аметропий опирается не только на литературные данные, но и на многолетний собственный опыт. Который подсказывает, что успех рефракционных операций основывается прежде всего на совершенстве диагностических подходов, которые позволяют избежать серьезных осложнений в виде кератоктазий. Минимизация других осложнений опирается на овладение безупречной техникой вмешательств. Учет всех, даже малозначительных нюансов, постоянное понимание. Что в большинстве случаев вмешательство проходит на зрячих «здоровых» глазах.

Тестовые вопросы:

1. Лазерная коррекция по методу ЛАСИК отличается от коррекции по методу ФРК:
 - a. По методу ЛАСИК не формируется временный клапан роговицы
 - b. При ФРК формируется временный клапан роговицы
 - c. Операция ЛАСИК включает формирование клапана роговицы
 - d. При ЛАСИК проводится дезэпителизация роговицы

2. Основное преимущество, которое отличает ЛАСИК от ФРК
 - a. Простота хирургической техники
 - b. Быстрая реабилитация пациента
 - c. Более простой алгоритм обследования
 - d. Более стабильные результаты

3. Роговичные методы коррекции миопии влияют на изменение аберраций высшего порядка следующим образом:
 - a. Уменьшают аберрации
 - b. Не изменяют величину аберраций
 - c. Увеличивают только сферические аберрации
 - d. Увеличивают все аберрации высокого порядка

4. Изменение сферических аберраций после лазерной коррекции зрения при миопии вызывается:
 - a. Увеличением кривизны роговицы в центре
 - b. Уменьшением кривизны роговицы в центре
 - c. Изменением асферичности хрусталика
 - d. Изменением толщины роговицы

5. Относительным противопоказанием к лазерной коррекции зрения при миопии является:
 - a. Первичные и вторичные иммунодефицитные состояния
 - b. Психические заболевания
 - c. Диабет
 - d. Возраст менее 18 лет

6. К абсолютному противопоказанию к коррекции зрения при миопии относится:
 - a. Кератоконус или подозрение на кератоконус
 - b. Выраженный нистагм
 - c. Изменения сетчатки, требующие лазерного вмешательства
 - d. Рубцы роговицы

7. Не является медицинским показанием к лазерной коррекции зрения:
 - a. Миопия до 15 дптр
 - b. Гиперметропия до 8 дптр
 - c. Астигматизм до 6 дптр
 - d. Возраст до 18 лет

8. В число обязательных обследований при определении показаний к операции ЛАСИК входит:
 - a. определение циклоплегической рефракции
 - b. тонография
 - c. адаптометрия
 - d. исследование на аккомодометре

9. Не входит в алгоритм обследования до лазерной коррекции зрения:
 - a. Визометрия
 - b. Кератотопография
 - c. Беседа с родственниками
 - d. Осмотр глазного дна

10. В списке, приведенном ниже, не входит в алгоритм обследования до лазерной коррекции зрения как обязательное обследование:
 - a. Пахиметрия
 - b. Периметрия
 - c. Аберрометрия
 - d. Тонометрия

11. К интраоперационным осложнениям при осуществлении операции ЛАСИК относится:
 - a. Эпителиальные кисты
 - b. Кератоконус
 - c. Синдром сухого глаза
 - d. Децентрация абляции

12. К послеоперационным осложнениям операции ЛАСИК относится:
- Неправильное формирование лоскута
 - Неправильная укладка лоскута
 - Синдром неполной адаптации лоскута
 - Посторонние включения под лоскутом
13. Принцип работы фемтосекундного лазера:
- Абляция тканей под воздействием ультрафиолетового излучения
 - Коагуляция тканей термическим воздействием
 - Дизрупция тканей короткими импульсами высокой мощности
 - Абляция тканей длинноволновым инфракрасным излучением
14. Эффект усиления аккомодации операции Супракор возникает:
- За счет стимуляции собственной аккомодации пациента
 - За счет псевдоаккомодации
 - За счет дифракционного эффекта углубления фокуса
 - За счет формирования системы с истинной аккомодацией
15. Тип коррекции по технологии Супракор относится к:
- Монофокальному
 - Бифокальному
 - Трифокальному
 - Мультифокальному
16. Гиперметропическая коррекция пресбиопии Супракор показана при сферозэквиваленте:
- +1 - +6 дптр
 - +0,25 - + 4,0 дптр
 - 0 - +4 дптр
 - +1 - + 4 дптр
17. Миопическая коррекция пресбиопии Супракор показана при сферозэквиваленте:
- 2 - -5 дптр
 - 0 - -5 дптр
 - 1 - - 6 дптр
 - 2 - - 8 дптр

18. Диапазон кератометрии допустим для гиперметропического Супракора:
- a. 41 -45 дптр
 - b. 39-50 дптр
 - c. 41-44 дптр
 - d. 44 -45 дптр
19. Предел значений кератометрии допустим при миопическом супрагоре:
- a. 41 дптр
 - b. 42 дптр
 - c. 44 дптр
 - d. 45 дптр
20. Принцип действия технологии Смайл:
- a. Поверхностная абляция слоев роговицы
 - b. Глубокая абляция слоев роговицы под роговичным клапаном
 - c. Термическое воздействие на роговицу
 - d. Выкраивание фемтолазером глубоких слоев роговицы

Лекция 3. Кератоконус

План лекции

1. Историческая справка
2. Патогенез кератоконуса
3. Классификации кератоконуса
4. Основные симптомы
5. Топография роговицы в диагностике кератоконуса
6. Другие методы диагностики кератоконуса
7. Современные методы лечения кератоконуса

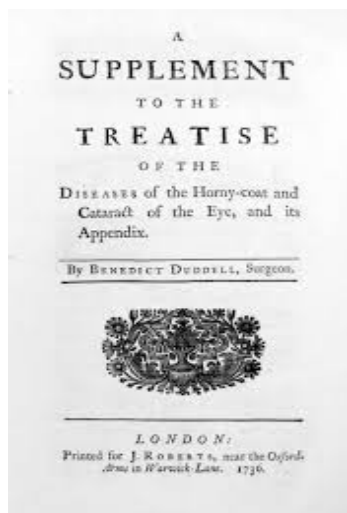
Историческая справка

Кератоконус – дегенеративное невоспалительное заболевание роговицы, характеризующееся прогрессирующим истончением роговицы с выпячиванием ее центральных отделов, формированием миопической рефракции и нерегулярного астигматизма. Роговица постепенно принимает форму конуса (рис.71). Отсюда и название заболевания

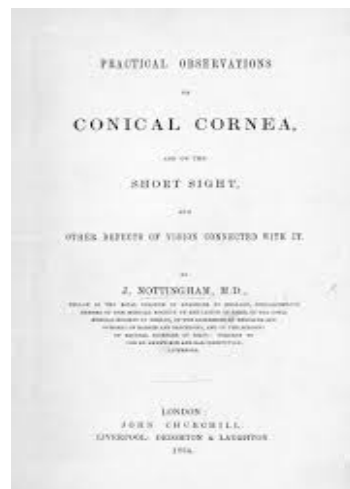


Рис.71. Вид роговицы при кератоконусе в сравнении с нормальной роговицей

Впервые кератоконус был описано в 1854 году Ноттингемом (рис.72).



Duddell В. «Трактат о заболеваниях роговой оболочки глаза, и о различных видах катаракт («A treatise of the diseases of the horny-coat of the eye, and the various kinds of cataract»); Лондон, издательство «Clark & Roberts»)



Nottingham J. Practical observations on conical cornea; and on the short sight, and other defects of vision connected with it. London: Charchill. 1854).

Рис.72. Первое упоминание о кератоконусе, как о самостоятельном заболевании

Патогенез кератоконуса

Заболеваемость кератоконусом в Европе составляет от 5 до 23 случаев на 100 000 человек, при средней распространенности в мире 54 на 100 000. Средний возраст больных составляет 39 лет, приблизительно 65% находятся в возрастной группе от 30 до 49 лет, 20% — моложе 30 лет и 15% — старше 50 лет [9]. Чем моложе пациент, тем агрессивнее протекает заболевание. Кератоконус является многофакторным заболеванием, которое развивается благодаря нарушению нормального течения различных биохимических процессов. Его характеризует центральное или парацентральное истончение стромы роговицы, что приводит к изменению ее кривизны. Происходит снижение плотности кератоцитов, наблюдается уменьшение количества ламеллярных коллагеновых пластин и деградация фибробластов в строме роговицы. Также происходят изменения в организации коллагеновых

пластин, они распределены и направлены неравномерно, расщепляются на несколько пучков фибрилл. В результате указанных изменений происходит дисбаланс между прочностью роговицы и теми механическими напряжениями, которые в ней возникают под воздействием внутриглазного давления (ВГД). Хотя рассматриваются наследственная и генетические модели этиологии кератоконуса, связанные с мутациями в определенных генах, отвечающих за синтез белков в роговице, многие авторы отмечают, что возможно возникновение кератоконуса у обоих однояйцовых близнецов только в 20% случаев. Рассматривается также влияние неблагоприятной экологической обстановки, повышенного радиационного фона на частоту появления кератоконуса в популяции. Основным фактором по-прежнему считается наличие биомеханического баланса роговицы и ВГД, в том числе возникающего из-за вредной привычки тереть глаза. Дополнительными факторами риска возникновения кератоконуса являются некоторые кожные и системные заболевания, аллергии [10,12,13,14,26,27,28,30].

Классификации кератоконуса

До настоящего времени нет общепринятой и удовлетворяющей всем современным требованиям классификации первичного кератоконуса. Первые попытки классифицировать заболевание по стадиям развития основывались на определении *остроты зрения без коррекции*, однако скоро стало очевидным, что данный показатель более чем нестабилен и не может рассматриваться как объективный.

Классификация М. Амслера (1951)

Для специалистов по контактной коррекции она представляется наиболее рациональной, так как в ее основу положены

биомикроскопическая картина роговицы и офтальмометрические изменения (рис. 73)



Классификация Амслера (1951) (перевод с французского Т. Д. Абуговой)

	Стадия	Кератография (Placido)	Биомикроскопия	Острота зрения	Офтальмометрия	Скiasкопия	Лечение
Классический кератоконус	IV	Изображение мелкое, неправильное (остроконечный или тупокопечный тип)	Истончение и помутнение в области вершины, пигментная линия	Низкая, не корректируется очковыми стеклами	Невозможна. Миры мелкие, неправильные, искаженные	Невозможна	Кератоластик
	III	Выраженная асимметрия, изображение смещено темпорально и вниз, горизонтальная ось не искривлена	Небольшое истончение без помутнений, пигментная линия	Резко снижена, плохо корректируется очковыми стеклами	Невозможна. Миры неправильной формы	Невозможна. Тень движется по кругу	
Кератоконус югга fruste	II	Асимметрия центрального диска и окружностей. Угол излома горизонтальной оси – 3° и более	Нет	Значительно снижена, корректируется цилиндрическими стеклами	Затруднена. Миры неправильные и неодинаковой величины	Затруднена. Встречное движение тени	Цилиндрические очки Контактные линзы
	I	Заметная асимметрия. Угол излома горизонтальной оси – 1–4°	Нет	Незначительно снижена	Измерение неточное из-за сложности сопоставления мир	Возможна, несмотря на встречное движение теней	

Amsler, M. La notion du k eratoc one / M. Amsler // Bull. Soc. franc. ophtalmol. 1951. Vol. 64. P. 272–275.

Рис.73.Классификация Амслера (1954 г.) [11]

Классификация J. Vuxton (1973)

За основу деления взяты данные офтальмометрии:

- ✓ I стадия характеризуется радиусом роговицы около 7,5 мм и нерегулярным астигматизмом,
- ✓ II стадия - радиус от 7,5 до 6,5 мм и дисторсия офтальмометрических марок,
- ✓ III стадия - радиус менее 6,5 мм и IV стадия - радиус роговицы менее 5,6 мм соответственно.

- ✓ В 1961 году М. Amsler была предложена классификация кератоконуса, разделяющая его на 4 стадии на основании данных кератотопографии, биомикроскопии, офтальмометрии, остроты зрения, офтальмометрии и скиаскопии. Причем, I и II стадия были отнесены к кератоконусу *forma fruste*, III и IV стадии – к классическому кератоконусу.
- ✓ В 1998 году J. Krumeich дополнил классификацию М. Amsler на основании данных остроты зрения, кератометрии, биомикроскопии, значении толщины роговицы в центре и возможности коррекции цилиндрическими стеклами

На эту классификацию в основном опираются в клинической практике современные офтальмологи [11] (рис.84).

Таблица 1 - Классификация кератоконуса по Amsler-Krumeich (1998)

Стадия кератоконуса	Клинико – функциональные проявления
I	<ul style="list-style-type: none"> • Конусообразная роговица, начальное появление линий Фогта • Астигматизм < 5 дптр • Кератометрия ≤ 48,0 дптр • Отсутствие помутнений роговицы • Острота зрения 0,5-1,0
II	<ul style="list-style-type: none"> • Наличие линий Фогта • Астигматизм 5 - 8 дптр • Кератометрия ≤ 53,0 дптр • Пахиметрия ≥ 400 мкм • Отсутствие помутнений роговицы • Острота зрения 0,1-0,4
III	<ul style="list-style-type: none"> • Астигматизм 8 - 10 дптр • Кератометрия > 53,0 дптр • Пахиметрия 300-400 мкм • Помутнения роговицы отсутствуют • Острота зрения 0,09-0,02
IV	<ul style="list-style-type: none"> • Кератометрия > 55,0 дптр • Клиническая рефракция не определяется • Пахиметрия < 300 мкм • Центральное помутнение роговицы • Острота зрения 0,01-0,02

Рис.74. Классификация Амслера-Крумейха (1998 г.)

Параллельно существует несколько классификаций кератоконуса, предложенных отечественными авторами (рис.75,76)

Классификация Каспарова А.А., Каспаровой Е.А. (2000)

- В данной классификации отражены клиническая форма, стадия заболевания, методы диагностики и лечения.

- Хроническая прогрессирующая форма
 - Ранняя стадия,
 - Развитая стадия,
 - Далекозашедшая стадия.
- Острая форма
 - Начальная стадия,
 - Развитая стадия
- Осложненная форма
 - Подвывих хрусталика,
 - Синдромом Кастровьехо



Для каждой стадии предложены рекомендации по диагностике и лечению. Несмотря на масштаб данной классификации и она сегодня не удовлетворяет современным представлениям о тактике диагностики и лечения кератоконуса.

Рис.75.Класификация кератоконуса Каспарова А.А и Каспаровой Е.А.

Классификация Абуговой Т.Д.

Выделяет четыре стадии заболевания, описывает клинические формы и характер течения.

Классификация кератоконуса Т. Д. Абуговой (2010)

Характеристика	Описание	Применение
Стадия болезни	I – разрежение стромы, изменение формы клеток эндотелия, обилие нервных окончаний; II – линии кератоконуса; III – помутнения боуменовой мембраны; IV – помутнения стромы. Переход в следующую стадию характеризуется появлением нового биомикроскопического признака в роговице	Диагностика, определение выраженности болезни, ориентировочный выбор метода реабилитации: очки, контактные линзы, операция
Тип кератоконуса	Островершинный, туповершинный, пикообразный, низковоершинный, низковоершинный атипичный, пикообразный атипичный. Шесть геометрических типов определяются на основе компьютерного анализа топографии роговицы	Выбор типа и конструкции контактных линз
Клиническая форма	Несостоявшийся кератоконус, abortивная форма, классический кератоконус. Три формы характеризуют остановку прогрессирования на определенном этапе развития болезни	Прогноз развития болезни
Форма по течению болезни	Непрогрессирующая – до 0,10; медленно прогрессирующая – 0,11–0,30; быстро прогрессирующая – 0,31 и более. Три формы определяются на основании критерия прогрессирования – дельты топографического показателя стадии Абуговой (ТПС) (или delta topographic index stadion of Abugova, TISA) в год	Количественная оценка прогрессирования заболевания и выбор схемы медикаментозного лечения

Рис.76. Классификация Абуговой Т.Д. (Абугова Т. Д. Клиническая классификация первичного кератоконуса // современная оптометрия, 2010 No 5 с. 17-20.) [1]

Существует также классификация, которая опирается на значения передней элевации (С.Б.Измайлова, 2018) [7]. Однако эти классификации не нашли пока широкого применения.


Новая классификация по профессору Бейлину [16,17]:

Актуальность: оценка обоснованности и эффективности проведения кросс-линкинга.

Предыстория:

Новая классификация кератоконуса была впервые презентована проф. Белиным в 2015 году на профильном заседании ESCRS.

В 2015-16 гг. классификация была одобрена и рекомендовано последовательно роговичными обществами в Европе, Южной и Северной Америк (рис.77).



Классификация по Белину

Belin ABCD Keratoconus Staging

Criteria A and ARC (3.0mm Zone)
Anterior Radius of Curvature. Average curvature in the 3.0mm zone centered on the thinnest location of the cornea.

Criteria B and PRC (3.0mm Zone)
Posterior Radius of Curvature in the 3.0mm zone. Average curvature in the 3.0mm zone centered on the thinnest location of the cornea.

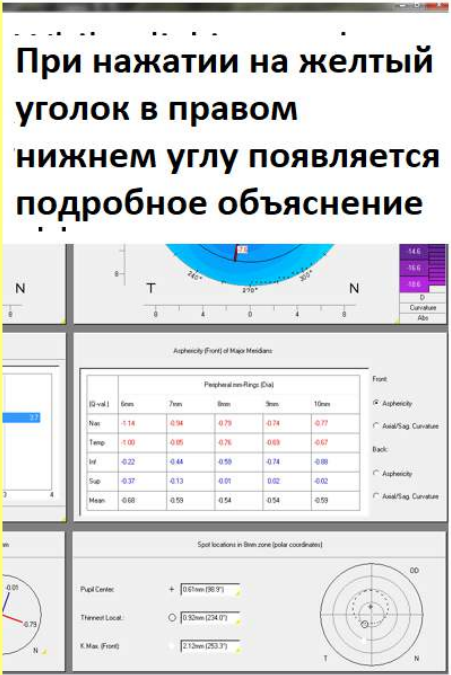
Criteria C and Thinnest Pachymetry
Thinnest pachymetry in μm

Criteria D and DCVA
"Distance Best Corrected Visual Acuity"
DCVA is not generated by the Pentacam software. It should be input manually by clicking left mouse into the corresponding field.
The input value will be saved to the examination.

Whole number stages are rounded down from the numbers with decimal place.

Criteria	A	B	C	D	Scarring
	ARC (3 mm Zone)	PRC (3 mm Zone)	Thinnest Pach um	BDVA	
STAGE 0	> 7.25 mm (< 46.5 D)	> 5.90 mm	> 490 μm	= 20/20 (= 1.0)	-
STAGE I	> 7.05 mm (< 48.0 D)	> 5.70 mm	> 450 μm	< 20/20 (< 1.0)	- ₁ + ₂ ++
STAGE II	> 6.35 mm (< 53.0 D)	> 5.15 mm	> 400 μm	< 20/40 (< 0.5)	- ₂ + ₃ ++
STAGE III	> 6.15 mm (< 55.0 D)	> 4.95 mm	> 300 μm	< 20/100 (< 0.2)	- ₃ + ₄ ++
STAGE IV	< 6.15 mm (> 55.0 D)	< 4.95 mm	= 300 μm	< 20/400 (< 0.05)	- ₄ + ₅ ++

При нажатии на желтый уголок в правом нижнем углу появляется подробное объяснение



08.09.2021
Joerg Iwanczuk
57

Рис.77. Распечатка с сайта компании Окулус с пояснениями к новой классификации Бейлина [16,17]

Общепринятой единой классификации кератоконуса до настоящего времени еще не предложено. Существует много различных вариантов классификаций, основанных на клинических проявлениях, показателях стандартных и специальных методов офтальмологической диагностики, которые постоянно дополняются новыми диагностическими критериями.

Основные симптомы

- 1) астенопические жалобы на фоне позднего возникновения "миопии" в сочетании с астигматизмом;
- 2) постоянное нарастающее снижение зрения, монокулярное двоение;
- 3) "кружение тени" или "симптом ножниц" при скиаскопии, непостоянное значение рефрактометрии;
- 4) уменьшение радиуса кривизны роговицы (менее 7,0 мм) при кератометрии;
- 5) искажение полос решетки Чернинга при аберрометрии.
- 6) невозможность подобрать переносимые очки

Возможно появление различных оптических искажений и феноменов (рис.78).

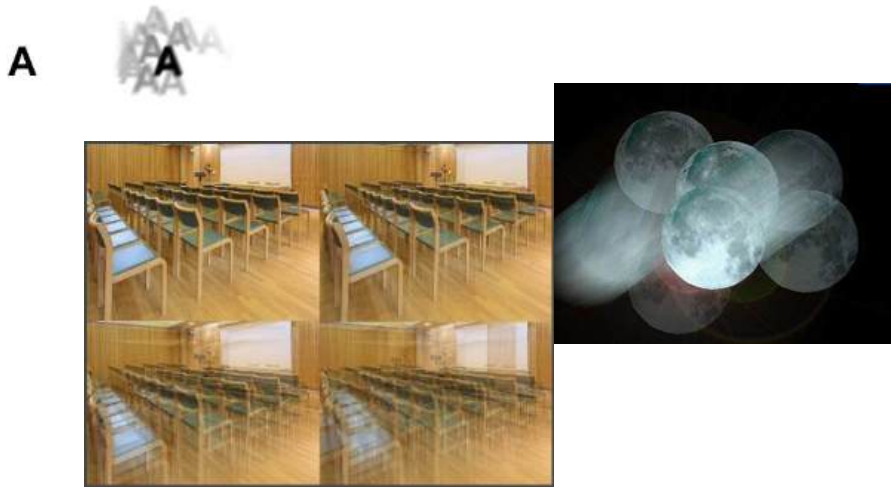


Рис.78. Оптические эффекты при кератоконусе

В развитых стадиях появляются биомикроскопические признаки специфичные для кератоконуса. Это отложения Флейшера: пигментные отложения, чаще всего имеющие форму кольца [19] (рис.79) и линии Фогта (рис.80).

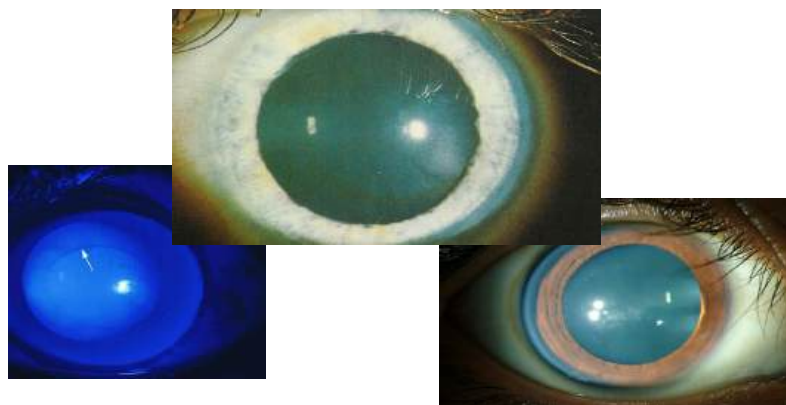


Рис.79. Отложения Флейшера. Представляют собой отложения пигмента под Боуеновой мембраной



Рис.80. Линии Фогта. Представляют собой деформированные слои склеры в глубоких слоях и трещины в Десцеметовой оболочке.

([www. Eye roundos.com](http://www.Eye roundos.com))

Еще одним симптомом, выявляемым при биомикроскопии, является утолщение нервных волокон (рис.81)

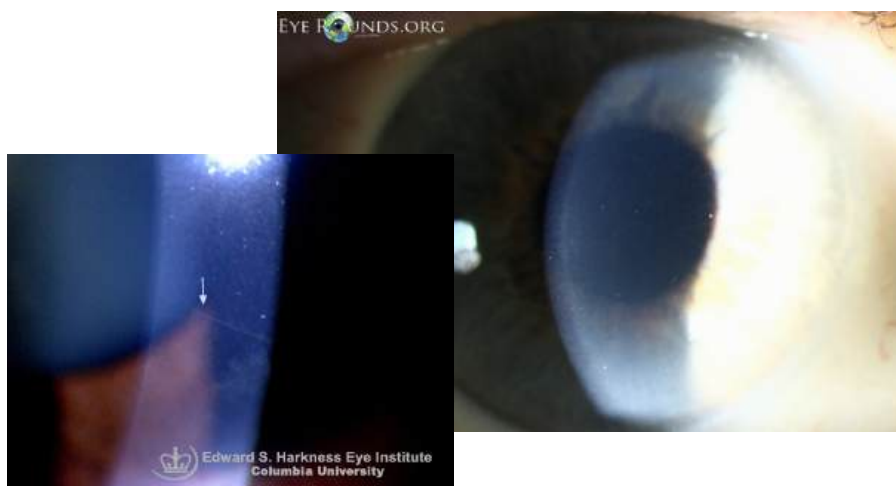


Рис.81. Утолщение нервных волокон роговицы

На поздних стадиях, когда выпячивание роговицы становится выраженным появляется симптом Мюнсена – это деформация нижнего века при взгляде пациента вниз (рис.82).



Рис.82. Симптом Мюнсена. (www.glazexpert.ru)

Чаще на поздних стадиях возможен разрыв десцеметовой оболочки с развитием водянки роговицы. На ранних стадиях такое осложнение также возможно и его обычно называют острый кератоконус [15]. При этом происходит выраженный отек роговицы. С помутнением в проекции разрыва. Сам разрыв напоминает рыбий рот и этот симптом так и называется симптомом рыбьего рта. Водянка роговицы разрешается даже без применения лечения с образованием стойких помутнений в проекции разрыва десцеметовой оболочки. Если разрыв происходил вне оптической зоны, то можно ожидать незначительного снижения остроты зрения после полного разрешения отека. Сам отек уходит за счет процесса рубцевания роговицы, снижающего количество проникающей в роговицу внутриглазной жидкости, вплоть до наступления равновесия.

Топография роговицы в диагностике кератоконуса

Топография - является неинвазивным методом визуализации и служит для получение топографической карты передней поверхности роговой оболочки глаза, содержащей в себе данные о радиусе кривизны роговицы, возвышении отдельных ее участков и об изменениях кривизны (рис.83). Является основным методом, позволяющим установить диагноз кератоконус уже на самых ранних стадиях. (Метод подробно описан в лекции №1 данного учебного пособия)

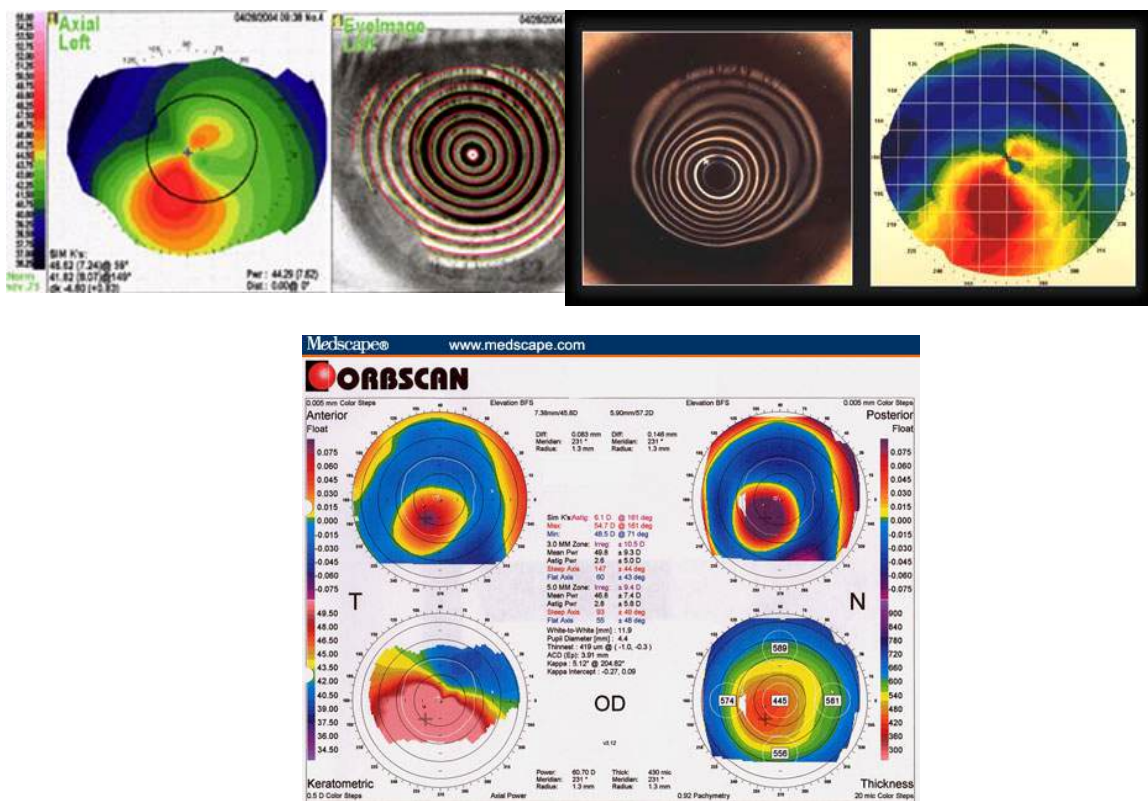


Рис.83. Топограммы роговицы при кератоконусе. Изображение колец Пласидо теряет строгую concentricность, искажено. Отмечается нарушение вида роговичного паттерна на аксиальной топограмме. Асимметричные «песочные часы» или смещение апекса роговицы вниз.

(Gatinel D. Topographie corneenne. – 2012)

Картина топограмм при кератоконусе очень полиморфна. Возможны различные варианты паттернов на аксиальной топограмме (рис.84).

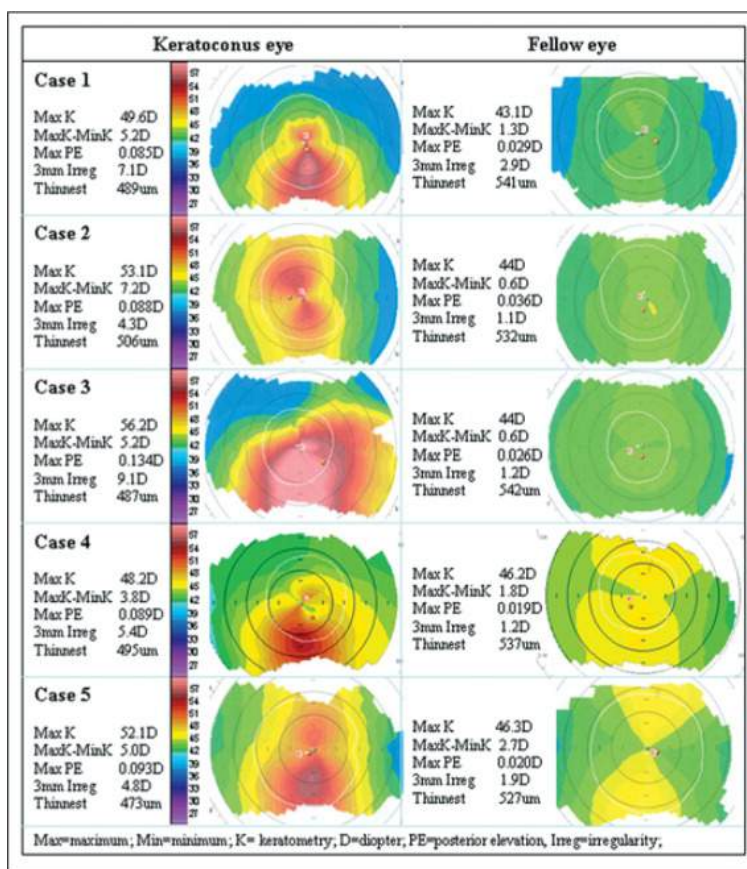


Рис.84. Полиморфность паттернов аксиальных топограмм при кератоконусе.
(Gatinel D. Topographie corneenne. – 2012)

При этом, если схематически отобразить вид кератометрических паттернов то видно многообразие картин, возникающих при проведении аксиальной кератотопографии при кератоконусе. Это объясняется различным расположением апекса кератоконуса относительно центра роговицы (рис. 85).

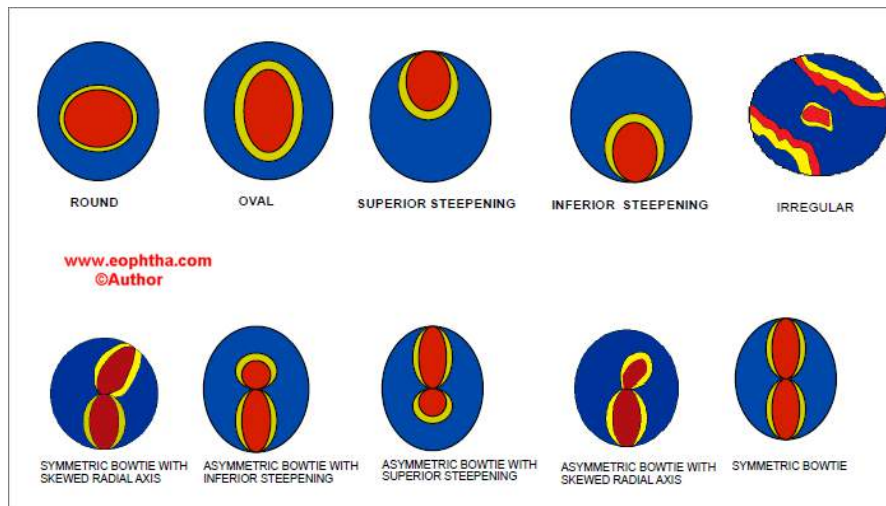


Рис. 85. Схематическое отображение полиморфности паттернов на аксиальной кератотопографии при кератоконусе. (Gatinel D. Topographie corneenne. – 2012)

Клинические возможности Pentacam AX

- Новая классификация кератоконуса по методу проф. Белина [16]
- Эффективное ведение пациентов с кератоконусом

Основы быстрого скрининга по проф. Белину:

5 ключевых параметров

- Df: отклонения передней элевации
- Db: отклонения задней элевации
- Dr: пахиметрическая прогрессия
- Dt: параметры самой тонкой точки
- Dy смещение положения самой тонкой точки

D: финальный индекс

Выявление риска развития ятрогенной кератоктазии при проведении LASIK остается одной из важнейших проблем в рефракционной хирургии. По данным литературы, заболевание развивается в 0,6% случаев после LASIK и является тяжелым и необратимым осложнением, требующим, как правило, проведения пересадки роговицы. Причиной развития манифестных форм кератоктазий после кераторефракционных вмешательств являются не диагностированные субклинические формы кератоконуса. Как показали исследования, субклинические формы заболевания могут иметь место даже при отсутствии характерных кератотопографических паттернов на передней поверхности роговицы, а ятрогенные кератоктазии развиваются при дооперационной толщине роговицы в центре более 500 мкм и кривизне роговицы менее 43 дптр. С внедрением современных проекционных сканирующих кератотопографов (ORBscan, Galilei, Pentacam, Sirius) появилась возможность оценить параметры задней поверхности роговицы с построением элевационных карт и выявлять скрытые субклинические формы кератоконуса (рис.86).

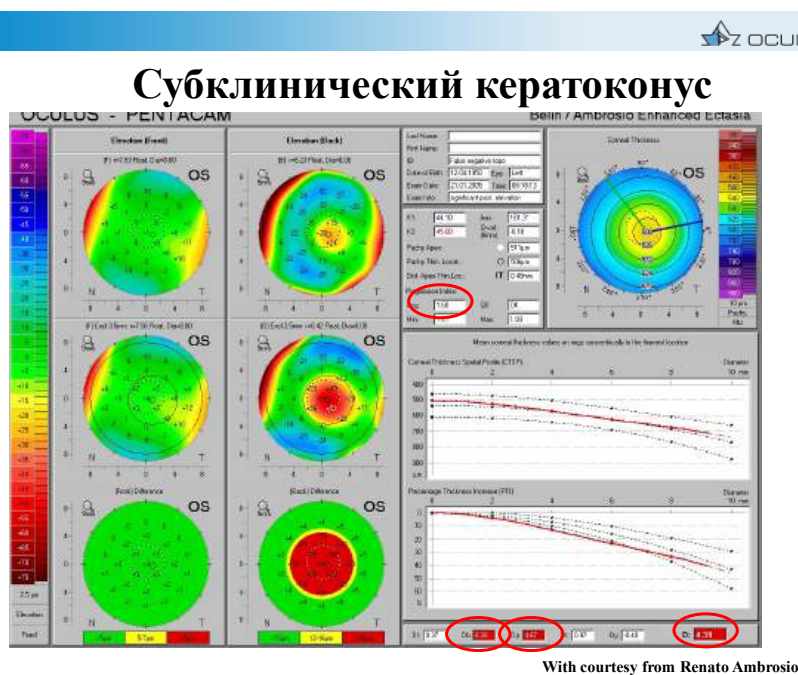


Рис.86. Субклинический кератоконус при анализе топограммы по Белину

Другие методы диагностики кератоконуса

Кроме топографии роговицы доступны и другие морфологические методы исследования роговицы, которые имеют, однако, высокую информативность, но меньшее клиническое значение. К ним относится конфокальная биомикроскопия и оптическая когерентная томография (ОКТ) роговицы [7] (рис.87- 89).

Конфокальная микроскопия

является высокоинформативным неинвазивным методом исследования роговицы, который позволяет проводить прижизненное исследование всех слоев роговицы с визуализацией тканей на клеточном и микроструктурном уровне, а также изучить патогенетические механизмы при различных заболеваниях и хирургических вмешательствах.



Рис. 1. Положение линзы с каплей иммерсионного геля перед проведением исследования



Рис. 2. Схематическое изображение положения объектива линзы и поверхности роговицы при проведении исследования

Рис.87. Конфокальная микроскопия глаза

Изменения на конфокальной микроскопии при кератоконусе

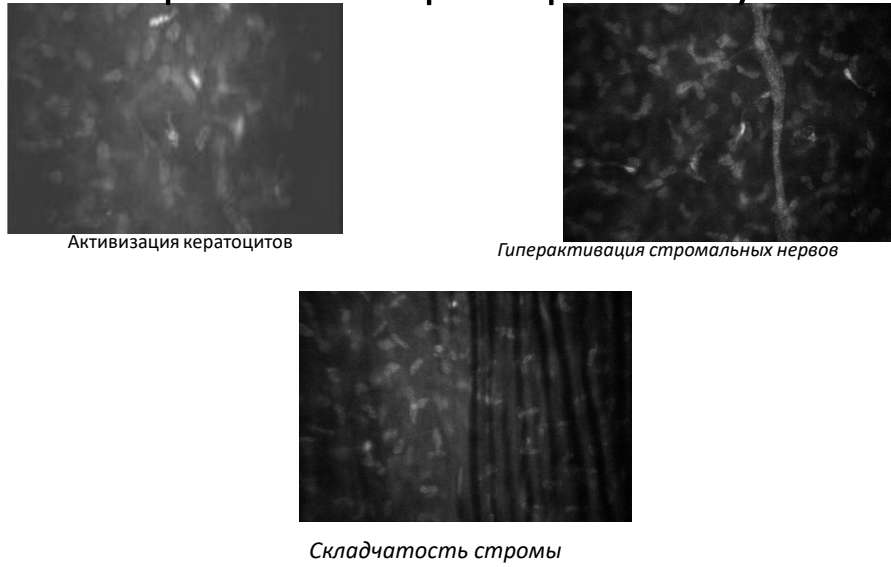


Рис.88. Изменения, фиксируемые при конфокальной микроскопии роговицы

SN-IT	>51 МКМ
S-I	>52 МКМ
Min	<472 МКМ
Min-Max	<-62 МКМ
Min Y	>1 мм

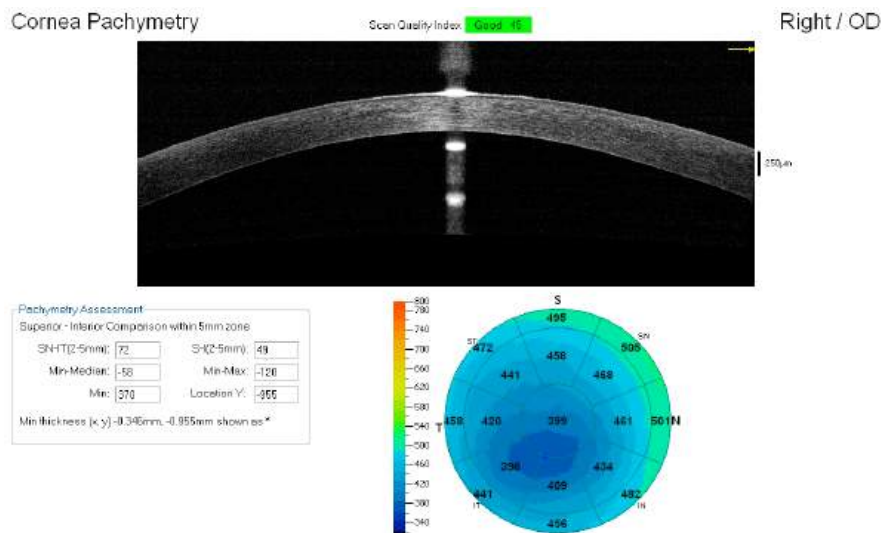


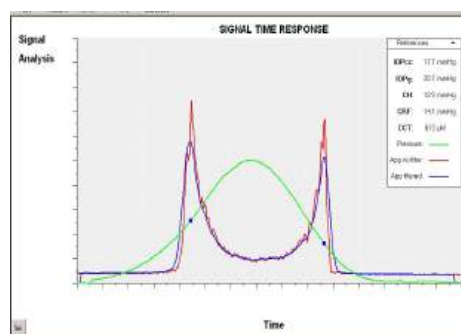
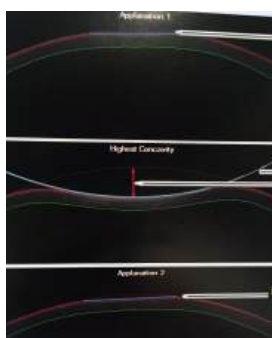
Рис. 89. Оптическая когерентная томография роговицы

При этих методиках определяются патогномоничные изменения, которые, однако, в популяции могут встречаться и вне указанной патологии или дублируют данные, которые можно получить более простыми методами диагностики. Например, складчатость стромы или уменьшение ее толщины. Поэтому эти методики не имеют самостоятельного клинического, диагностического значения.

При кератоконусе актуально определение биомеханического состояния роговицы. Однако при кератоконусе ухудшение ригидности роговицы происходит неравномерно по площади роговицы, а основные методы направленные на объективную оценку биомеханических свойств роговицы оценивают их тотально и кроме того в показатели оценки вмешивается эластичность склеры и уровень внутриглазного давления. К таким методикам относятся ORA и Corvis ST (рис.90, 91).

Доступные прижизненные биомеханические методики

- ORA (Ocular Response Analyzer)
- Corvis®ST (Schempflog+air pulse tonometry)



Методики дают только интегральный ответ всех оболочек глаза

Рис. 90. Corvis ST и ORA

Технология Corvis ST и ORA имеют схожий принцип работы. В ORA деформация роговицы под воздействием пучка воздуха фиксируется по апланации роговицы а в аппарате Corvis ST по видеоизображению оптического среза роговицы, получаемого с помощью шемпфлюг камеры.

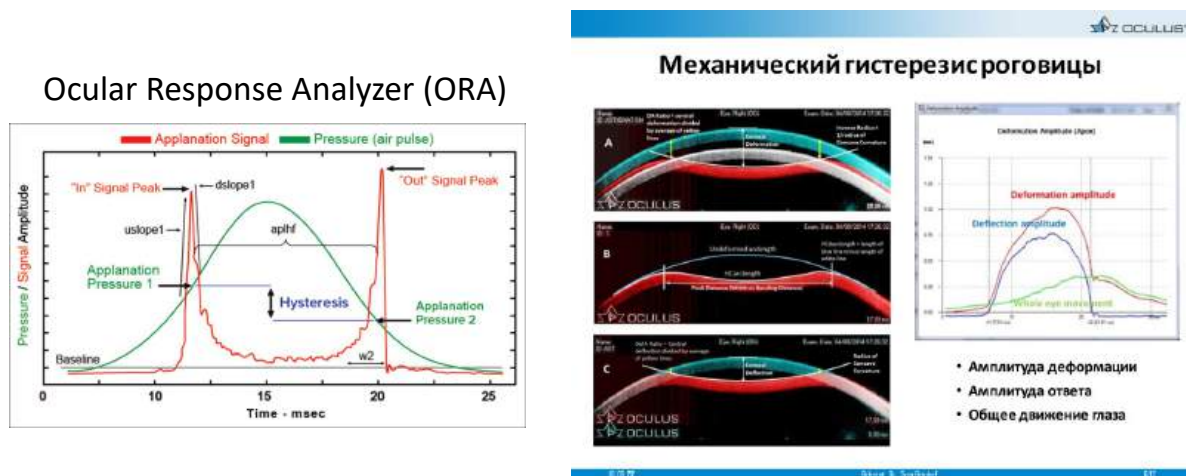
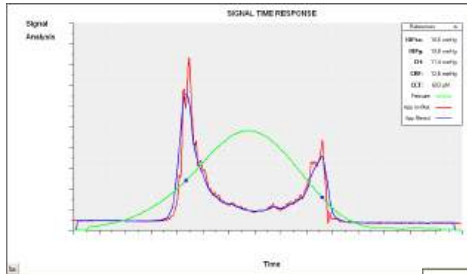


Рис.91. Отображение результатов обследования на ORA и Corvis ST.

Разница между давлением при первой и второй апланации называется корнеальным гистерезисом. В приборе Corvis ST также определяется гистерезис роговицы, но по дифференциальной кривой между кривой амплитуды деформации и ответа. При кератоконусе этот показатель уменьшается и становится меньше 8 мм рт.ст. Это отражает нарастание механических напряжений в роговице.

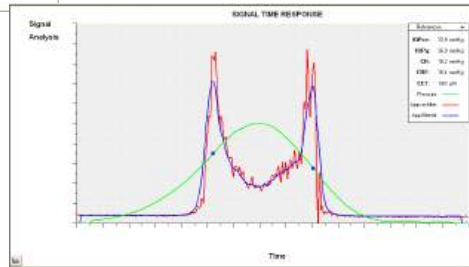
При повышении ВГД в глазу с помощью вакуумной компрессии гистерезис уменьшается незначительно (рис.92), а при кератоконусе повышение ВГД вызывает резкое снижение гистерезиса (рис.93).

ORA – до и после вакуум компрессии в норме



До: Кг=11,4 мм рт. ст.

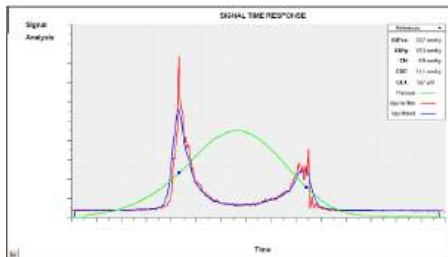
После: Кг=10,2 мм рт. ст.



«Восток-
Презрение»

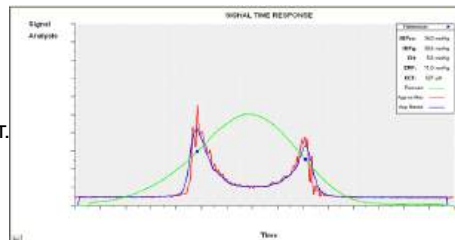
Рис.92. Незначительное уменьшение величины корнеального гистерезиса в норме при вакуумно-компрессионной пробе

ORA – до и после вакуум компрессии при кератоконусе



До: Кг=9,9 мм рт.ст.

После: Кг=5,8 мм рт.ст.

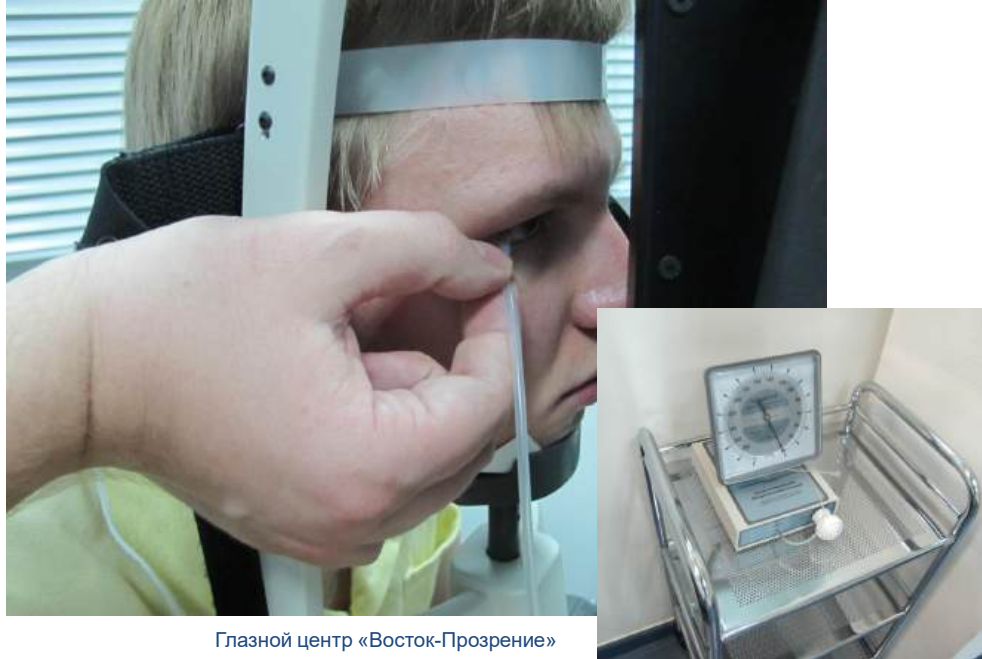


«Восток-
Презрение»

Рис.93. Резкое уменьшение корнеального гистерезиса при компрессионной пробе у пациента с кератоконусом

Вакуумно - компрессионную пробу также можно использовать для изучения распределения ригидности роговицы по ее площади (рис.94)

Компрессионная топографическая проба – способ определения растяжимости роговицы при кератоконусе



Глазной центр «Восток-Прозрение»

Рис.94. Техника выполнения вакуум компрессионной пробы (по Астахову Ю.С. Далю Н.Ю. (2001))

При проведении этой пробы в норме наблюдается выпячивание центра роговицы (рис.95, а при кератоконусе ее уплощение (рис.96).

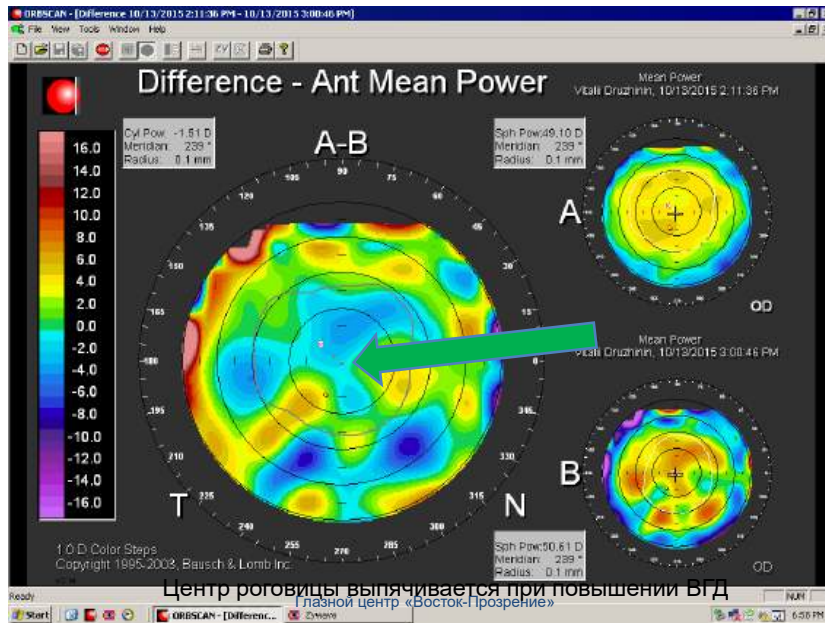


Рис.95. Реакция роговицы на повышение ВГД в норме

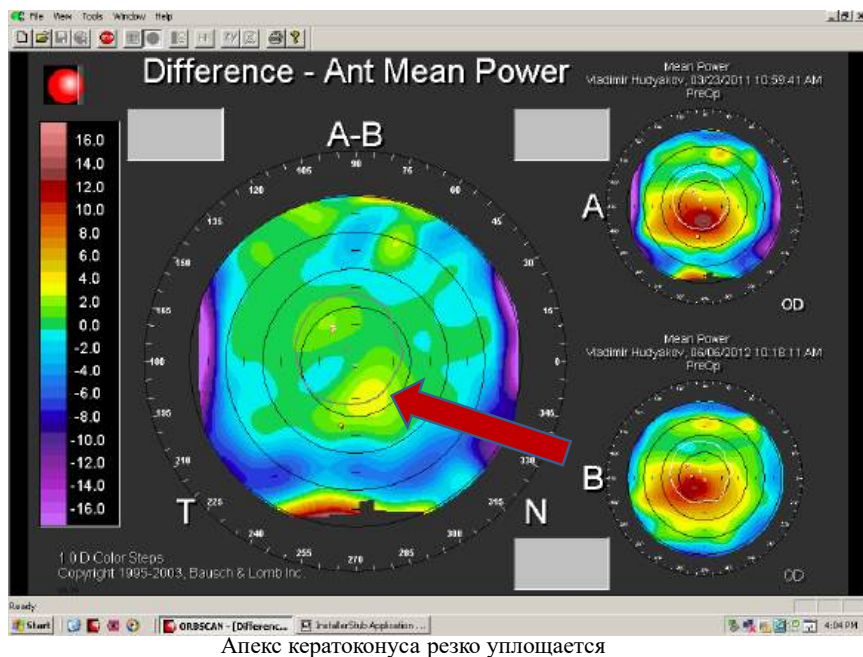


Рис.96. Реакция роговицы на повышение ВГД при кератоконусе

Подобная реакция роговицы при вакуум-компрессионной пробе является следствием снижения ригидности в средней периферии глаза, что требует осуществления укрепления ткани роговицы именно в этой области [4,5]

Лечение кератоконуса

В лечении кератоконуса I-III стадии установлен золотой стандарт в виде роговичного кросслинкинга по Дрезденскому протоколу [29,33,36,38,39]. Это проведение дезэпителизации, пропитывание 0,1% раствором рибофлавина в течение 30 минут и последующее облучение УФ излучением в диапазоне 370 нм мощностью 3,0 мВт/ кв. см. При этом поглощенная энергия составляет 5,4 Дж. В результате облучения роговицы такой полной апертурой в наружных слоях на глубину от 250 мкм формируется демаркационная линия, показывающая границу зоны облучения (рис.97). При этом центральные области роговицы подвержены УФ облучению и в раннем послеоперационном периоде формируется так называемый Хейз (затуманивание), снижающий остроту зрения (рис.98).

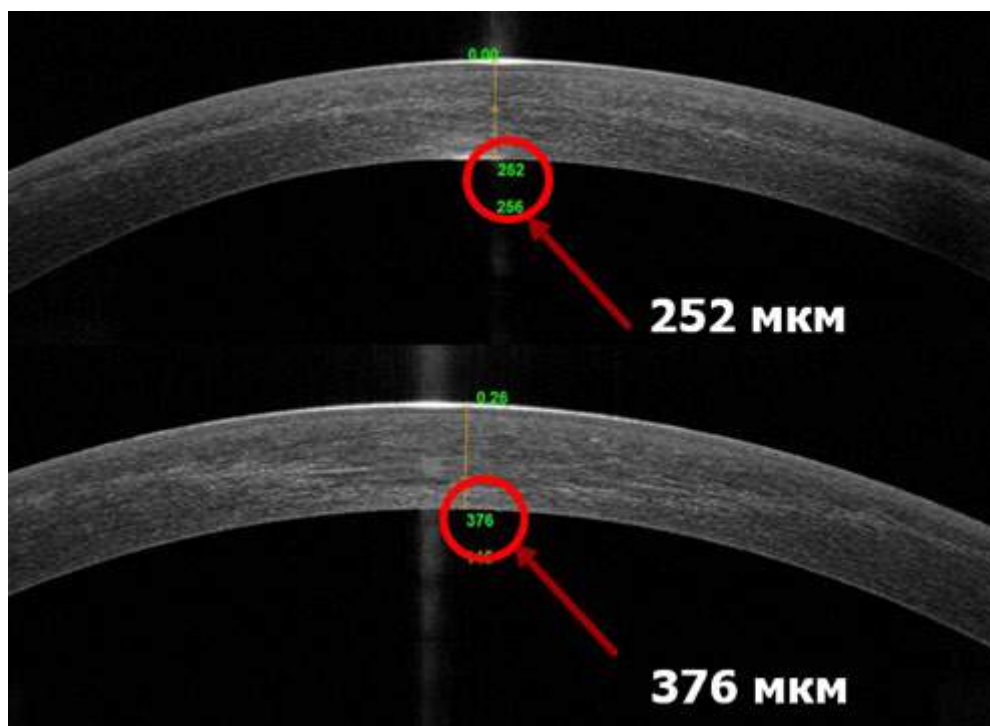


Рис.97. Расположение демаркационной линии в роговице при классическом кросслинкинге (www.pmarchive.ru).

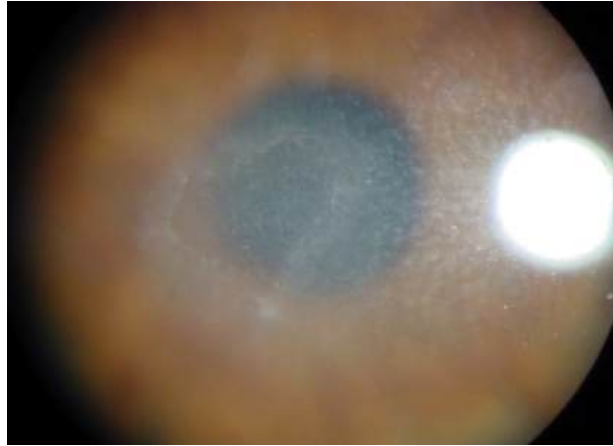


Рис.98. Хейз после классического кросслинкинга

В настоящее время получает распространение персонализированная (локальная) методика, которая подразумевает облучение только областей роговицы, в которых ригидность снижена. Типичным местом, где локализуются эти изменения, является средняя периферия. При локальном кросслинкинге проводится облучение средней периферии роговицы кольцевидными сегментами (рис. 99) [3,4]. При этом демаркационная линия формируется в парацентральной области (рис.100).

Использовали дрезденский протокол, но с персональными масками

Обязательная деэпителизация облучаемых зон



3 мВт/см²

30 min



ТРЕБУЕТСЯ ДОСТАТОЧНАЯ ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КРОССЛИНКИНГА В ГЛУБОКИХ СЛОЯХ РОГОВИЦЫ

Рис. 99. Технология локального кросслинкинга

При этом центральная, оптическая область роговицы остается интактной (рис.101), поэтому острота зрения после локального кросслинкинга практически не снижается и реабилитация пациентов наступает гораздо раньше.



Рис.100. Формирование демаркационных линий в парацентральной области роговицы.

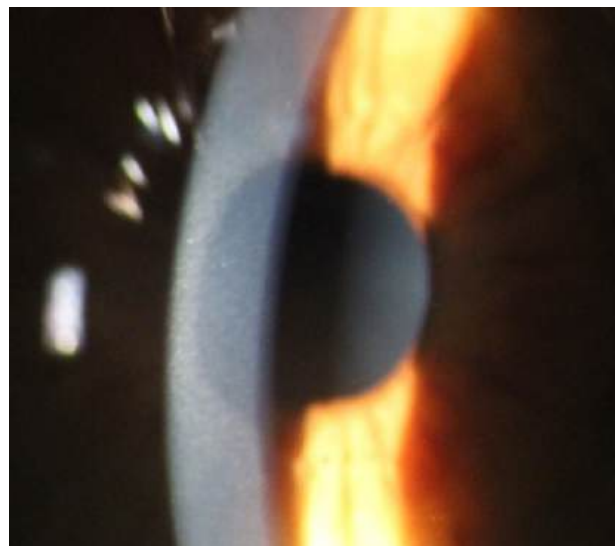


Рис. 101. Послеоперационный Хейз не затрагивает центральную область роговицы.

Результаты применения локального кросслинкинга показали ее максимальную эффективность в начальных стадиях кератоконуса, когда возможно достижение определенного рефракционного эффекта. В продвинутых стадиях кератоконуса (III –IV ст.) эффективность методики снижается, хотя тормозящий эффект процедуры частично сохраняется (рис.102 - 104).

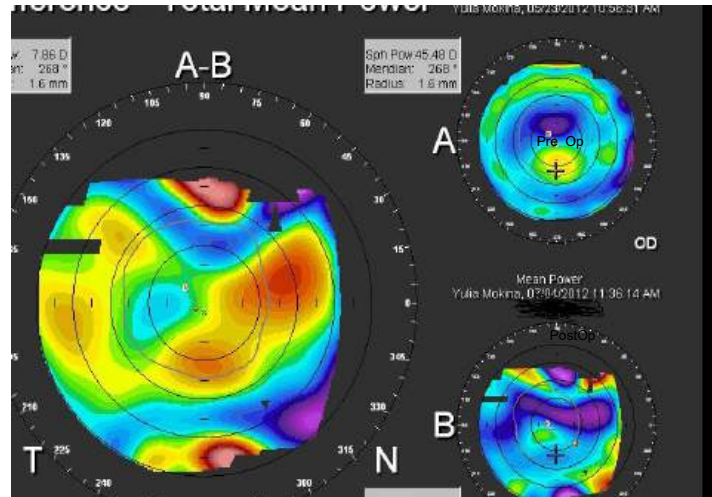


Рис.102. Эффект миопической коррекции при кератоконусе 7,86 D (II стадия)

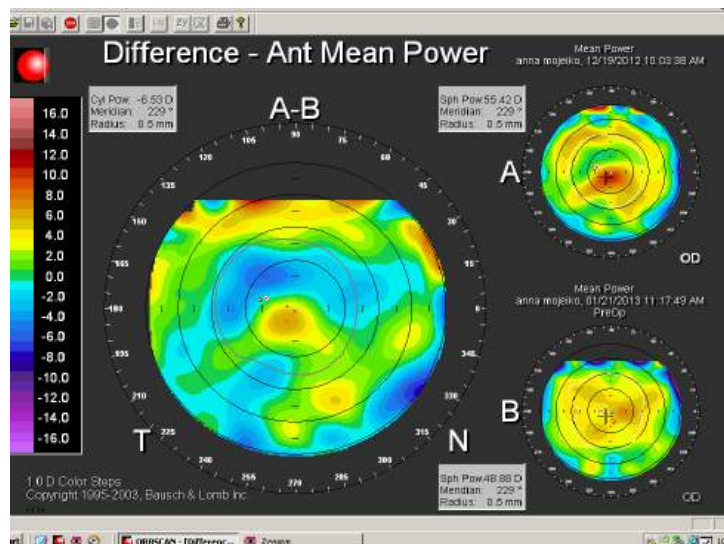


Рис.103. Эффект миопической коррекции при кератоконусе 6,53 D (III стадия)

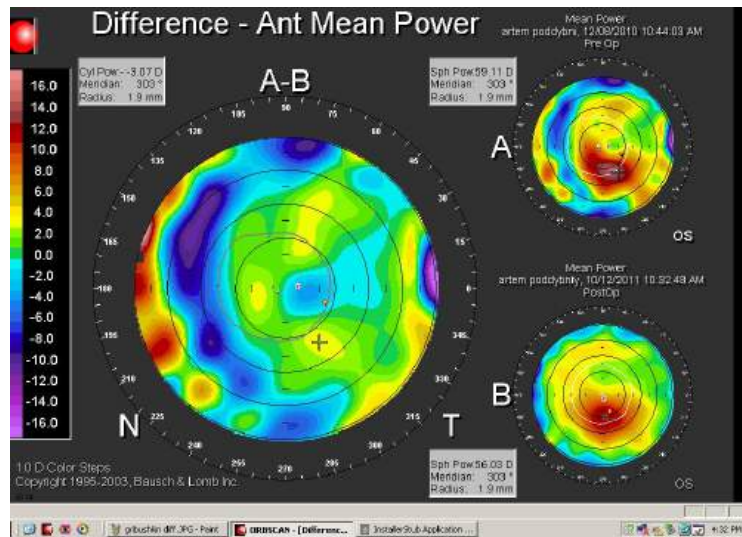


Рис.104.Топограмма до и после локального кросслинкинга.Эффект - 3,68 D (III-IV стадия)

Одним из хирургических направлений хирургической коррекции кератоконуса является имплантация интракорнеальных сегментов (рис.105.). Эта процедура может выполняться как с применением механических инструментов для формирования тоннелей, так и с использованием фемтолазеров. Однако эта методика малоэффективна при прогрессирующем кератоконусе и должна предваряться или сопровождаться роговичным ультрафиолетовым кросслинкингом.



Рис.105. Имплантация ИРС с использованием фемто-туннеля

При возникновении осложнений, приводящих к снижению прозрачности роговицы показана послойная или сквозная пересадка роговицы. В зависимости от глубины и локализации относительно зрительной оси возникших помутнений (рис.106).

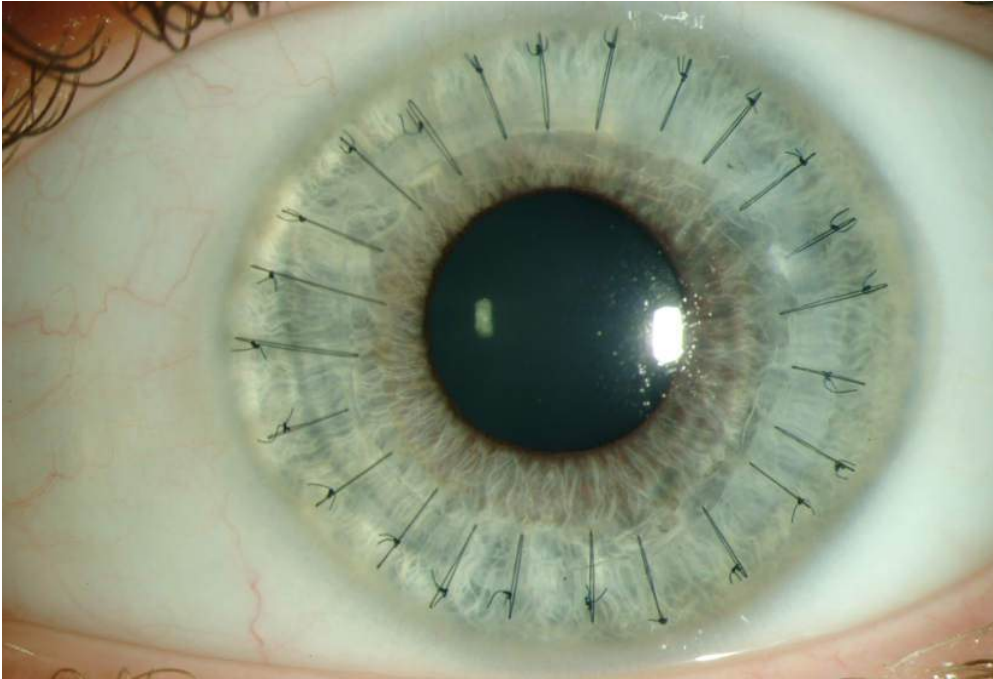


Рис.106. При IV стадии кератоконуса послойная или сквозная кератопластика.

Современные подходы оптической коррекции опираются на прогрессивный метод склеральной контактной коррекции. Принцип склеральной контактных линз состоит в создании новой оптимальной оптической поверхности перед эктатической роговицей (рис. 107). При этом отсутствует контакт между полимером Контактной линзы и поверхностью патологически измененной роговицы. Этот принцип исключает нарушение оксигенации роговицы. При стационарном кератоконусе это исключает возобновление прогрессирования процесса эктазии. Этот метод позволяет достичь максимальной остроты зрения за счет выравнивания самых значительных деформаций в профиле роговицы и ограничивается только прозрачностью сред. Подбор склеральных контактных линз требует специальных навыков. Но основными противопоказаниями к этому виду

коррекции является непереносимость склеральных контактных линз или недостаточная толщина роговицы.

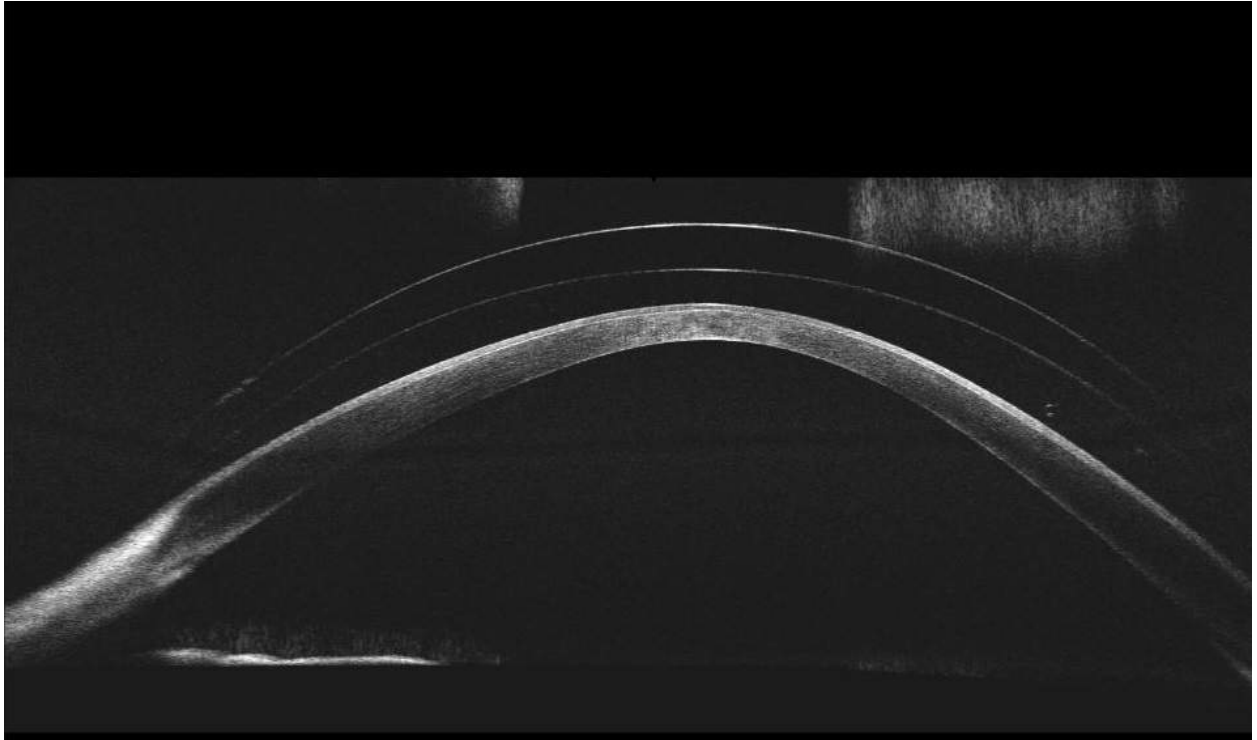


Рис. 107. Больной У., 20 лет. ОКТ склеральной контактной линзы на поверхности глаза с кератоконусом. Оптическая поверхность выровнена. Несмотря на значительную деформацию роговицы на этом глазу достигнута острота зрения 1,0.

Заключение

В последние годы произошел настоящий скачок в развитии методов диагностики и лечения кератоконуса. Появились прецизионные диагностические методы. Среди которых лидируют топографические методики, увеличились возможности по изучению биомеханических параметров роговицы. Появилась методика ультрафиолетового роговичного кросслинкинга [22,23,24,25]. Все это позволяет на современном уровне в большинстве случаев оказать помощь пациентам с кератоконусом, но требует дальнейшего углубления наших знаний и совершенствования диагностики и лечения кератоконуса.

Тестовые вопросы

1. Возникновение кератоконуса связано:
 - a. С изменением кривизны роговицы вследствие дисбаланса между внутриглазным давлением и прочностью роговицы
 - b. С утолщением роговицы
 - c. С повышением ВГД
 - d. С уплощением роговицы

2. По релевантности значение факторов, приводящих к возникновению кератоконуса:
 - a. Биомеханические факторы роговицы, внешние воздействия (частое потирание глаз, давление на глаз во сне), наследственность, генетические мутации, экологическое давление
 - b. Наследственность, генетические мутации, биомеханические факторы, внешние факторы, экологическое давление
 - c. Внешние факторы, генетические факторы, биомеханические факторы роговицы

- d. Экологическое давление, биомеханические факторы, наследственные факторы, генетические мутации
3. Объективные показатели, на которых основываются современные классификации кератоконуса:
- a. Клинические симптомы, рефракция глаза
 - b. Кератометрия, пахиметрия, элевация роговицы
 - c. Наличие помутнений в роговице
 - d. Наличие астигматизма
4. Наибольшее количество клинических критериев присутствует в классификации:
- a. Абуговой
 - b. Каспарова.
 - c. Белина
 - d. Амслера
5. Симптом, часто встречающийся при кератоконусе 1-3 стадии:
- a. Буллезность роговицы
 - b. Отложения Флейшера
 - c. Блефароспазм
 - d. Симптом Мюнсена
6. Симптом, который часто встречается при поздних стадиях кератоконуса:
- a. Линии фогта
 - b. Преципитаты на задней поверхности роговицы
 - c. Гетерохромия радужки
 - d. Прямой астигматизм

7. Развитие водянки роговицы возможно:
 - a. Только на поздних стадиях кератоконуса
 - b. Только на ранних стадиях кератоконуса
 - c. На любой стадии кератоконуса
 - d. На 2-3 стадии кератоконуса

8. Признак, который появляется только на поздней стадии кератоконуса:
 - a. Линии Фогта
 - b. Симптом утолщения нервных волокон
 - c. Признак Мюнсена
 - d. Синдром сухого глаза

9. Диагностический метод, который наиболее информативен при диагностике кератоконуса:
 - a. Кератометрия
 - b. Биомикроскопия
 - c. Пахиметрия
 - d. Компьютерная топография роговицы

10. Изменения топографической картины при кератоконусе связаны со следующими изменениями в роговице:
 - a. Увеличение толщины роговицы
 - b. Уплотнение роговицы
 - c. Смещение наитончайшей точки роговицы с увеличением кривизны и формирование задней элевации роговицы
 - d. Сферизация роговицы

11. Аппарат ORA анализирует биомеханику роговицы по:
 - a. Гистерезису роговицы
 - b. Модулю Юнга
 - c. По амплитуде колебания

- d. По корнеальному компенсированному давлению
12. При кератоконусе корнеальный гистерезис:
- Незначительно снижается
 - Резко снижается
 - Не меняется
 - Увеличивается
13. Метод исследования биомеханики, который позволяет наиболее полно определить распределение величины ригидности роговицы по ее площади:
- ORA
 - Corvis ST
 - Кератотензотопография
 - Вакуум компрессионная топография
14. Метод лечения прогрессирующего кератоконуса, который является «золотым стандартом»:
- Сквозная пересадка роговицы
 - Послойная пересадка роговицы
 - Имплантация интракорнеальных сегментов
 - Ультрафиолетовый кросслинкинг
15. Стадии кератоконуса, когда наиболее эффективен ультрафиолетовый роговичный кросслинкинг:
- На I-III стадиях
 - На III стадии
 - На IV стадии
 - На III-IV стадии

16. Стадия кератоконуса на которой показана сквозная или послойная кератопластика:

- a. На I-II стадии
- b. На II – III стадии
- c. На IV стадии
- d. На IV с выраженными дистрофическими изменениями

17. Метод лечения, который является наиболее эффективным для остановки прогрессирования кератоконуса:

- a. Сквозная пересадка
- b. Ультрафиолетовый кросслинкинг
- c. Склеральные контактные линзы
- d. Интракорнеальные сегменты

18. Применение локального кросслинкинга обосновано по следующей причине:

- a. Роговица обладает равномерным распределением ригидности
- b. При кератоконусе ригидность роговицы снижена в области средней периферии
- c. При кератоконусе роговица равномерно истончается
- d. При кератоконусе роговица равномерно утолщается

19. Дрезденский протокол роговичного кросслинкинга включает в себя следующие параметры:

- a. Дезэпителизацию пропитывание 10% рибофлавином 10 минут, облучение 3 минуты мощностью 30 мВт/кв.см
- b. Пропитывание не дезэпителизированной роговицы 1% рибофлавином 20 минут, облучение ультрафиолетом 370 нм 15 минут. Мощностью 3 мВт/кв. см

- с. Дезэпителизация роговицы, пропитывание 0,1% рибофлавином 30 минут, облучение ультрафиолетом 370 нм в течении 30 минут мощностью 3 мВт/кв.см
- d. Пропитывание дезэпителизированной роговицы 1% рибофлавином 20 минут, облучение ультрафиолетом 270 нм 15 минут, мощностью 3 мВт/кв. см

20. Оптимальный способ коррекции зрения при кератоконусе:

- a. Локального кросслинкинг
- b. Классический кросслинкинг
- c. Склеральные контактные линзы
- d. Имплантация интракорнеальных сегментов

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	a	b	c	b	a	c	c	d	c
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
a	b	d	d	a	c	b	b	c	c

Список литературы

1. Абугова, Т. Д. Клиническая классификация первичного кератоконуса / Т. Д. Абугова // Современная оптометрия. –2010. – No 5. – С. 17-20.
2. Анисимова С.Ю., С.И. Анисимов. Лазерная коррекция зрения, оптимизированная по волновому фронту (технология Zyoptix). // Методическое пособие. – 2009. – 25 с.
3. Anisimov S. et al. Technology of the Local Cross-linking (Part 1): Keratotensotopography and Vacuum-compression Topographic Test// International Journal of Keratoconus and Ectatic Corneal Diseases, January-June 2017;6(1):14-16
4. Anisimov S. et al. Technology of Local Cross-linking. Part 2: Experimental Results of Local Corneal Cross-Linking// International Journal of Keratoconus and Ectatic Corneal Diseases, January-June 2018;7(1):1-5
5. Балашевич Л.И. Рефракционная хирургия. – Санкт-Петербург: Издательский дом СПбМАПО, 2002. – 198 с.
6. Балашевич Л. И., Качанов А. Б. Клиническая корнеотопография и абэррометрия /.; под ред. Л. И. Балашевича. – М. : Микрохирургия глаза, 2009. - 167 с.
7. Измайлова, С. Б. Медико-технологическая система хирургического лечения прогрессирующих кератэктазий различного генеза : дис. ...д-ра мед. наук : 14.01.07 / Измайлова Светлана Борисовна. – М., 2014. – 314 с.
8. Медведев И.Б. Система хирургической коррекции аметропий на основе ламеллярной рефракционной кератопластики: Автореф. дис. ... докт. мед. наук. – М., 1996. – 47 с .
9. Е.Н. Севастьянов, Е.Н. Горскова. Кератоконус плюс. – 2006 г.
10. Aldave, A. J. No VSX1 Gene Mutations Associated with Keratoconus / A. J. Aldave, V. S. Yellore, A. K. Salem et al. // Invest Ophthalmology Vis Sci. – 2006. – Vol. 47, No 7. – P. 2820-2822.
11. Amsler, M. Keratoconus / M. Amsler // Bull. De Sos. Beige d'ophthalm. 1961. – Vol. 129. – P. 331-336.
12. Bae HA, Replication and meta-analysis of candidate loci identified variation at RAB3GAP1 associated with keratoconus / H. A. Bae, R. A. D. Mills, R. G. Lindsay et al. // Invest Ophthalmol Vis Sci. – 2013. – Vol. 54, No 7. – P. 5132-5135G.
13. Barbaro, V. Expression of VSX1 in human corneal keratocytes during differentiation into myofibroblasts in response to wound healing / V. Barbaro, E. Di Iorio, S. Ferrari et al. // Investigative Ophthalmology & Visual Science. – 2006. – Vol. 47, No 12. – P. 5243-5250.

14. Barnett, G. C. A genome wide association study (GWAS) providing evidence of an association between common genetic variants and late radiotherapy toxicity / g. C. Barnett, D. Thompson, L. Fachal // *Radiother Oncol.* – 2014. – Vol. 111, – No 2. – P. 178-185.
15. Barsam, A. Acute corneal hydrops in keratoconus: a national prospective study of incidence and management / A. Barsam, H. Petrushkin, N. Brennan et al. // *Eye.* – 2015. – Vol. 29(4). – 469-474.
16. Belin MW, Keratoconus: The ABCD Grading System / M. W. Belin, J. K. Duncan // *Klin Monbl Augenheilkd.* – 2016. – Vol. 233(6). P. 701-7.
17. Belin, M. W. An introduction to understanding elevation-based topography: how elevation data are displayed e a review / M. W. Belin, S. S. Khachikian // *Clin Exp Ophthalmol.* – 2009. – Vol. 37(1). – P. 14-29.
18. Corbett et al. *Corneal Topographie. Principles and applications*//Springer. – 2019. - P. 288.
19. Fleischer, B. Über Keratokonus und eigenartige Pigmentbildung in der Kornea / B. Fleischer // *Münchener medizinische Wochenschrift: magazin.* – 1906. – No. 53. – P. 625-626.
20. Gatinel D. *Topographie corneenne.* – 2012.- 144 p.
21. Hersh P.S., Steinert R.F., Brint S.F. Photorefractive keratectomy versus laser in situ keratomileusis: comparison of optical side effects. Summit PRK-LASIK Study Group // *Ophthalmology.* – 2000. – Vol. 107. – P. 925-933. doi:10.1016/S0161-6420(00)00059-2.
22. Hoyer A. Collagen cross-linking with riboflavin and UVA light in keratoconus. Results from Dresden. // *Ophthalmologe.*; 2009 Feb. P. 106(2): 133-40
23. Koppen C. Keratitis and corneal scarring after UVA/riboflavin cross-linking for keratoconus. // *J. Refract. Surg.*; 2009 Sept. P. 25(9): S819-23
24. Kolli S. Safety and efficacy of collagen crosslinking for the treatment of keratoconus. // *Expert Opin. Drug Saf.*; 2010 Jun. 4
25. Leccisotti A. Transepithelial Corneal Collagen Cross-linking in keratoconus. // *J. Refract. Surg.*; 2010 Feb. P. 25: 1-7
26. McMahon, T. T. CRB1 Gene Mutations Are Associated with Keratoconus in Patients with Leber Congenital Amaurosis / T. T. McMahon, L. S. Kim, G. A. Fishman et al. // *Investig Ophthalmology Vis Sci.* – 2009. – Vol. 50, No 7. – P. 3185-3187.
27. Mcmonnies, C. W. Keratoconus, allergy, itch, eye-rubbing and hand-dominance / C. W. Mcmonnies, G. C. Boneham // *Clinical and Experimental Optometry.* – 2003. – Vol. 86, No 6. – P. 376-384.

28. Meek, K. M. Changes in collagen orientation and distribution in keratoconus corneas / K. M. Meek, S. J. Tuft, Y. Huang et al. // *Invest Ophthalmol Vis Sci.* – 2005. – No 46. P. – 1948-1956.
29. Mirko R. Corneal Collagen Cross-linking. // *Middle East Afr. J. Ophthalmol.*; 2010 Jan-March. P. 17(1): 21-27
30. Motha V.V. Marked reduction of alcohol dehydrogenase in keratoconus corneal fibroblasts. // *Mol. Vis.*; 2009. P. 15: 706-12
31. Pallikaris I.G. Laser in situ keratomileusis. / I. G. Pallikaris, M. E. Papatzanaki, E. Z. Stathi, O. Frenschok, A. Georgiadis // *Lasers in surgery and medicine.*– 1990. – Vol. 10. – No 5 – P. 463–468.
32. Seiler, T. Aspheric photorefractive keratectomy with excimer laser / T. Seiler, U. Genth, A. Holschbach, M. Derse // *J Refract Surg.* – 1993. – Vol. 9, No. 3. – P. 166–172.
33. Seiler T. Corneal cross-linking induced stromal demarcation line. // *Cornea.*; 2006 Oct. P. 25(9): 1057-9
34. Sekundo W. First efficacy and safety study of femtosecond lenticule extraction for the correction of myopia : Six-month results : [аНГЛ.] / Walter Sekundo, Kathleen Kunert, Christoph Kunert ... [et al.] // *Journal of Cataract & Refractive Surgery.* — 2008. — Vol. 34, no. 9 (September). — P. 1513–1520. — Erratum in: *J Cataract Refract Surg.* 2008 Nov;34(11)
35. Suzuki, M. Longitudinal changes in corneal irregular astigmatism and visual acuity in eyes with KCN / M. Suzuki, S. Amano, N. Honda et al. // *Jpn J Ophthalmol.* – 2007. – Vol. 51, No 4. – P. 265-269.
36. Tomkins O. & Hanna J. Garzozzi. Collagen cross-linking: strengthening the unstable cornea. // *Clin. Ophthalmol.*; 2008 Dec. P. 2(4): 863-7
37. Trokel S.L. Excimer laser surgery of the cornea / S. L. Trokel, R. Srinivasan, B. Braren // *American journal of ophthalmology.* – 1983. – Vol. 96. – No 6. – P.710– 715.
38. Vinciguerra P. Intra and postoperative effects of corneal collagen cross-linking on progressive keratoconus. // *Arch. Ophthalmol.*; 2009 Oct. P. 127(10): 1258-65
39. Wollensak. Crosslinking treatment of progressive keratokonus: new hope. // *Curr. Opin. Ophthalmol.*; 2006 Aug P. 17(4): 356-60
40. Zernike, F. "Beugungstheorie des Schneidenverfahrens und Seiner Verbesserten Form, der Phasenkontrastmethode". *Physica.* 1 (8): 689–704. Bibcode:1934 Phy.....1..689Z. doi:10.1016/S0031-8914(34)80259-5.

Список сокращений:

ЛАСИК – лазерный ин ситу кератомилез

ФРК – фоторефракционная кератэктомия

ИОЛ- интраокулярная линза

ОКТ – оптическая когерентная томография

КЛ – контактная линза

BFS – best feet sphere

АЛК – автоматизированная ламелярная кератэктомия

ORA – ocular response analyzer

HORMS – hig order root mean square wave aberration

ИРС- интрароговичные сегменты

ВГД-внутриглазное давление

АНИСИМОВ С.И.

**ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ,
ТЕХНИКА РЕФРАКЦИОННОЙ ХИРУРГИИ И ЛЕЧЕНИЯ
ЭКТАТИЧЕСКИХ ПОРАЖЕНИЙ РОГОВИЦЫ**

Учебное пособие

Подписано в печать 11.05.2022 г.

Заказ № 2-0902. Тираж 100 экз.

МГМСУ им. А.И. Евдокимова

127473, г. Москва, ул. Делегатская, д. 20/1

Отпечатано в РИО МГМСУ