

# Кератоконус

Клиническая учебная программа · Диагностика · Терапия ·  
Справочник

---

От ранней диагностики до выбора терапии — структурировано, на  
основе доказательств, практично.

Флориан Мюллер - Bachelor Professional of Optometry



ЦЕЛЬ ОБУЧЕНИЯ

# Цель курса

Цель этого курса — понять патофизиологию кератоконуса, научиться распознавать ранние клинические признаки, правильно интерпретировать диагностические данные и принимать обоснованные решения о лечении в повседневной практике.

# Обзор учебных модулей

---

## 01 Введение и клиническое значение

Определение, важность, клиническая классификация

---

## 02 Эпидемиология и факторы риска

Распространенность, генетика, атопия, трение глаз

---

## 03 Патофизиология и биомеханика

Структура коллагена, дефицит LOX, биомеханическая нестабильность

---

## 04 Клинические признаки: ранние и поздние стадии

Ранние признаки, поздние изменения, типичные симптомы

---

## 05 Диагностика без высокотехнологичного оборудования

Анамнез, острота зрения, щелевая лампа, простые индикаторы

---

## 06 Топография и томография

Пласидо, Шеймпфлюг, различия, принципы работы

---

## 07 Интерпретация данных Pentacam

Элевация, пахиметрия, PI/ART, BAD-D

---

## 08 Дифференциальная диагностика

PMD, кератоглобус, другие эктазии

---

## 09 Классификация

Амслера-Крумейха, система ABCD

---

## 10 Прогрессирование

Течение заболевания, критерии прогрессирования, оценка рисков

---

## 11 Терапия кросслинкингом (CXL)

Стандартный протокол, ускоренный протокол, показания

---

## 12 Методы реабилитации

Очки, контактные линзы, хирургические варианты

---

## 13 От диагноза к выбору терапии

Алгоритм, принятие клинических решений

---

## 14 Основные выводы

Ключевые идеи, краткое резюме



ГЛАВА

# 01

## Введение и клиническая значимость

Что такое кератоконус и почему он важен для врачей?



# Что такое кератоконус?

Кератоконус — это прогрессирующее невоспалительное заболевание роговицы. При нем роговица истончается, теряет прочность и принимает конусовидную форму.

- **Этиология**

Многофакторная — генетическая предрасположенность (VSX1, SOD1, LOX) и внешние факторы (трение глаз, атопия, УФ-излучение).

- **Механизм развития**

Разрушение коллагена → истончение роговицы → выпячивание → неправильный астигматизм → порочный круг (подробнее: Глава 3).

- **Клиническое значение**

Самая частая эктазия роговицы; основная причина пересадки роговицы у молодых людей; начало заболевания в 10–25 лет.

**Клинический совет:** Кератоконус по определению не является воспалением, но воспалительные факторы (IL-1 $\alpha$ , TNF- $\alpha$ ) играют в нем важную роль. Это особенно важно для пациентов с атопией.



# Клиническое значение у молодых пациентов

Кератоконус — это тяжелое испытание для молодых людей, так как прогрессирование болезни приходится на важный жизненный этап между учебой и началом карьеры.

- **Критический возраст**  
Пик начала болезни приходится на 2-е и 3-е десятилетие жизни. Прогрессирование идет быстрее всего в возрасте 15–25 лет — важно действовать быстро.
  - **Социальные и экономические последствия**  
Трудности при получении водительских прав, выборе профессии и значительное снижение качества жизни из-за потери остроты зрения.
  - **Двусторонний характер и асимметрия**  
Примерно в 90 % случаев болезнь поражает оба глаза, но обычно начинается неравномерно.
  - **Диагностическая ошибка**  
Часто ошибочно принимается за обычную близорукость или астигматизм; обычные очки быстро перестают помогать из-за прогрессирования болезни.
- Почему это важно:**
- Клиническая важность: предотвращение необратимого прогрессирования эктазии с помощью раннего кросс-линкинга (CXL).
  - Долгосрочный прогноз: цель состоит в сохранении естественной роговицы на долгие годы.

 ИНТЕРАКТИВНАЯ ДИСКУССИЯ

# Почему диагноз ставят с опозданием?

Кератоконус часто диагностируют слишком поздно



### Ошибочное принятие за близорукость

Симптомы часто путают с обычной близорукостью или астигматизмом.

Ранние изменения роговицы часто остаются незамеченными при стандартной проверке зрения.



### Отсутствие топографии в рутине

Топография роговицы редко входит в обычный осмотр у офтальмолога.

Из-за этого начальные изменения формы роговицы не выявляются вовремя.



### Недостаточная осведомленность пациентов

Пациенты редко сами жалуются на постепенное ухудшение зрения.


Многие неосознанно адаптируются к ухудшению зрения.



### Недостаточная ранняя диагностика

Часто не хватает внимания к проблеме со стороны терапевтов и оптиков.

В результате необходимые обследования назначаются слишком поздно.

 Средняя задержка постановки диагноза: 2–4 года после появления симптомов

# Введение – Ключевые положения



## Кератоконус: частая эктазия роговицы

Часто недооценивается – важность раннего выявления для сохранения зрения.



## Начало в возрасте 10–25 лет

Затрагивает молодых, активных людей, учащихся и работающих.



## Ошибочный диагноз «МИОПИЯ»

Основная причина задержки лечения и прогрессирования болезни.



## Раннее выявление спасает роговицу

Своевременное обследование необходимо для предотвращения тяжелых последствий.



## Систематическая ранняя диагностика

Каждому молодому пациенту с прогрессирующей миопией нужна топография роговицы.



ГЛАВА

# 02

## Эпидемиология и факторы риска

Распространенность, генетические основы и изменяемые факторы риска

# Эпидемиология

## Эпидемиология и географическое распространение

**1 : 2 000**

До 2000 года

Клинически выраженные случаи

**1 : 375**

Сегодня

С применением томографии

**1 : 100**

Группы риска

Стертые формы

### Высокая распространенность и заболеваемость

- Ближний Восток и Южная Азия: до 4,4% (топографически)
- Индия/Пакистан: 19–25 новых случаев на 100 000 человек в год
- Азиатские этносы: в 5–10 раз чаще, чем у европеоидов

### Демография и риск

- Начало обычно в 10–25 лет
- Небольшое преобладание мужчин (~60%)
- Географические группы риска из-за генетики, воздействия УФ-лучей, трения глаз
- Этническое происхождение как важный фактор риска

### Клиническая значимость

Рост распространенности связан с успехами диагностики, а не с эпидемией. Истинная распространенность в 5–10 раз выше, чем считалось ранее.



# Основные факторы риска



## Генетика

Семейная предрасположенность (10–15 %)

*Склонность к нестабильности роговицы.*



## Трение глаз

Главный механический фактор риска

*Механическое воздействие повреждает боуменову мембрану.*



## Атопия и трение глаз

Связь с экземой и ринитом

*Хроническое трение вызывает механический стресс.*



## Окружающая среда и апноэ

Воздействие УФ-лучей и окислительные процессы

*Апноэ во сне как независимый фактор риска.*



  ВОПРОС АУДИТОРИИ

# Факторы риска в вашей практике

"С какими факторами риска вы чаще всего сталкиваетесь в своей повседневной практике?"

# Эпидемиология и факторы риска – главное



## Эпидемиология:

распространенность (1:375) выше, чем считалось ранее. *Клиническое значение:* проводите простой скрининг при подозрениях.



## Трение глаз: главный фактор риска,

на который можно повлиять. *Клиническое значение:* обязательно исключите трение глаз, чтобы замедлить развитие болезни.



## Генетика: семейная

предрасположенность в 10–15 % случаев. *Клиническое значение:* при первом диагнозе обязательно обследуйте родственников.



**Группы риска:** люди с аллергией и близорукостью в зоне повышенного риска. *Клиническое значение:* им чаще требуется скрининг.



**Работа с пациентами:** всегда спрашивайте про трение глаз и фиксируйте это. *Клиническое значение:* объяснение рисков — лучшая профилактика.

ГЛАВА

# 03

## Патофизиология и биомеханика

Структура коллагена, закон Лапласа и молекулярные механизмы



# Анатомия и биомеханика

## Анатомия роговицы – основы



**Слои роговицы:** 5 слоев — эпителий, боуменова мембрана, строма (90 % толщины), десцеметова мембрана, эндотелий.



**Биомеханическая прочность:** зависит от строения волокон, связей между молекулами и уровня гидратации (содержания воды).

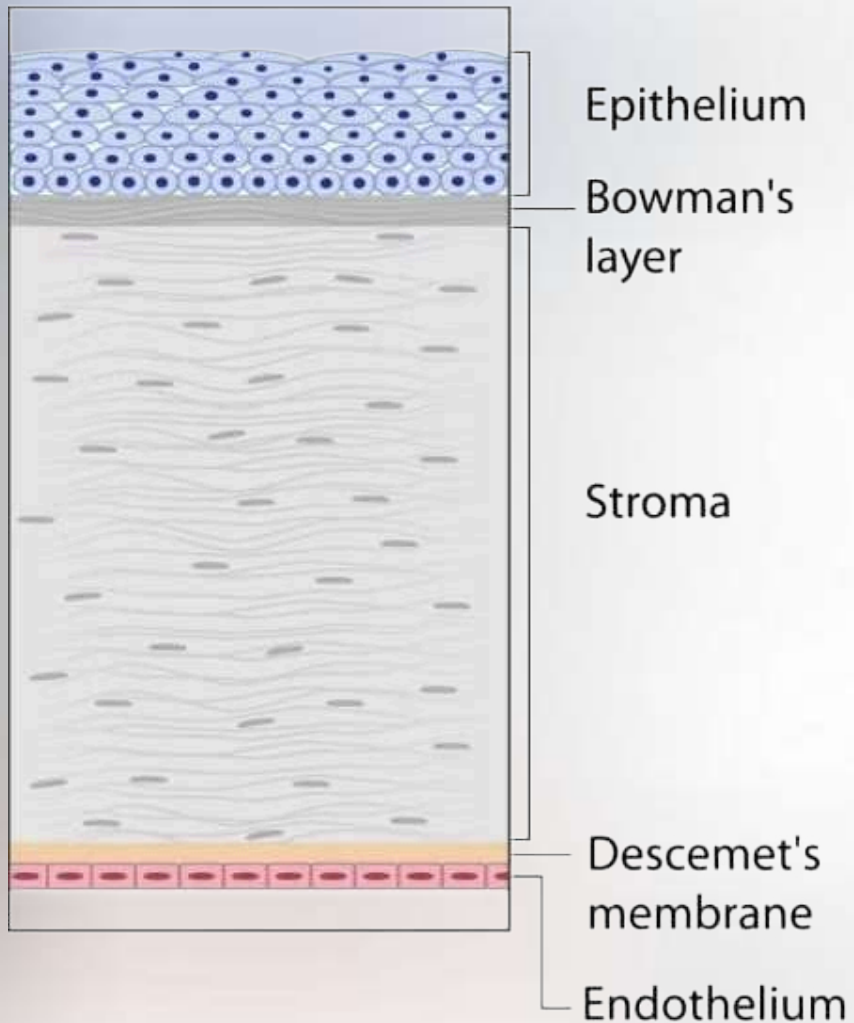


**Строение стромы:** 200–300 коллагеновых пластин, расположенных слоями для прозрачности и прочности.



### Клиническое значение

Знание строения и прочности роговицы важно для понимания принципа действия CXL и для планирования операций.



## Слои роговицы в деталях

### Эпителий

Защитный барьер, способен к регенерации, 5–7 слоев клеток

*Клиническое значение:* Полностью восстанавливается – важно для выбора метода CXL (Epi-on или Epi-off)

### Боуменова мембрана

Бесклеточная зона из коллагена, не восстанавливается

*Клиническое значение:* Не регенерирует – рубцы после травм; отсутствует при прогрессировании кератоконуса

### Строма

200–300 коллагеновых пластин, параллельное расположение

*Клиническое значение:* Главная цель CXL – проникновение рибофлавина и воздействие UVA-излучения

### Десцеметова мембрана

Стабильный пограничный слой перед эндотелием

*Клиническое значение:* Водянка при разрыве → острый кератоконус (неотложное состояние)

### Эндотелий

Насосная функция, отвечает за прозрачность, не восстанавливается

*Клиническое значение:* Не регенерирует – потеря клеток при запущенном кератоконусе и после кератопластики

# Биомеханическая стабильность – норма и кератоконус

## Нормальная роговица

- Параллельные коллагеновые ламеллы
- Регулярная сшивка
- Равномерное распределение давления
- Стабильная геометрия
- Коллагеновые ламеллы: 200–300 слоев, ортогональное расположение
- Степень сшивки: высокая → устойчивость к деформации
- Corvis ST: нормальные индексы жесткости (SSI, SP-A1)

## Кератоконус

- Дезорганизованные ламеллы
- Сниженная сшивка
- Локальные пики давления
- Прогрессирующее выпячивание
- Дезорганизация ламелл → снижение прочности на разрыв до 50%
- Повышенная активность MMP → активный распад коллагена
- Corvis ST: сниженная жесткость, повышенное соотношение DA-Ratio

Биомеханическое измерение (Corvis ST) дополняет морфологическую диагностику, особенно при ранних стадиях.

# Закон Лапласа – Клиническое значение

Закон Лапласа описывает механическое напряжение стенки (T) роговицы в зависимости от давления (P), радиуса кривизны (r) и толщины стенки (d).

$$T = \frac{P \cdot r}{2d}$$

## Переменные в клинической практике

**T (Напряжение стенки):**  
Механическая нагрузка на ткань роговицы.

**P (ВГД):** Внутриглазное давление как движущая сила.

**r (Радиус):** Локальный радиус кривизны (уменьшен при кератоконусе).

**d (Толщина):** Центральная толщина роговицы (уменьшена при кератоконусе).

## Патофизиология при кератоконусе

**r** ↑ (Радиус) + **d** ↓ (Толщина) → **T** ↑↑ (Напряжение стенки)

*Порочный круг прогрессирования: рост напряжения стенки приводит к дальнейшему истончению и деформации.*

**Клиническое следствие:** Даже нормальное внутриглазное давление может ускорить механическое прогрессирование при уже тонкой и выпяченной роговице.

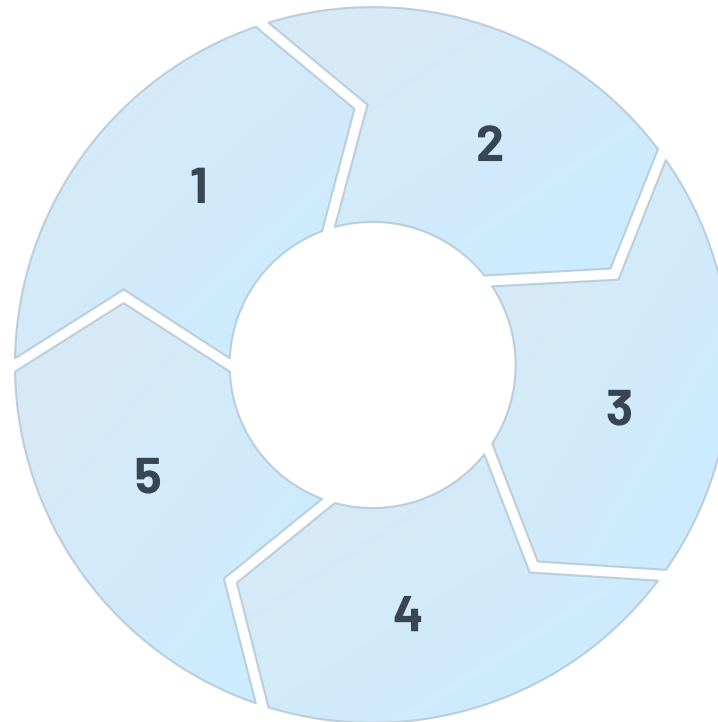
# Порочный круг прогрессирувания

## Разрушение коллагена

Локальное истончение роговицы из-за чрезмерной активности ММП и окислительного стресса.

## Трение глаз как фактор усиления

Механический стресс ускоряет разрушение коллагена.



## ↑ Напряжение стенок (Лаплас)

Более тонкая стенка означает значительно более высокое механическое напряжение.


## Дальнейшее выпячивание

Геометрическое усиление структурного дефекта.

## Нерегулярный астигматизм

Прогрессирующее ухудшение зрения и непереносимость очков.

*Прерывание этого цикла — цель CXL.*

 ВОПРОС ДЛЯ ПОНИМАНИЯ

# Разрушение коллагена и прогрессирование – почему?

"Почему разрушение и нарушение структуры коллагена приводят к прогрессированию кератоконуса?"



# Патофизиология – каскад и молекулярные механизмы

1

## Генетическая предрасположенность

Мутации *VSX1*, *SOD1*, *LOX* ведут к слабости коллагена. Дефицит *LOX* снижает естественное сшивание волокон.

2

## Триггеры

Трение глаз, УФ-излучение, атопия вызывают накопление ROS, повреждение и гибель клеток (кератоцитов).

3

## Активация ММП

Повышение уровня ММП-1/-3/-9 и воспалительных белков (*IL-1 $\alpha$* , *TNF- $\alpha$* ) приводит к ферментативному разрушению коллагена.

4

## Потеря структуры

Истончение стромы приводит к местному выпячиванию роговицы.

5

## Закон Лапласа (порочный круг)

Стенка становится тоньше, напряжение на нее растет, что ведет к дальнейшему выпячиванию и прогрессированию.



## Краткое пояснение сокращений

- ROS = активные формы кислорода (вызывают повреждение клеток из-за окислительного стресса)
- ММП = матричные металлопротеиназы (ферменты, разрушающие коллаген)
- IL / TNF = интерлейкины / фактор некроза опухоли (вещества, вызывающие воспаление)
- LOX = лизилоксидаза (фермент, отвечающий за прочность коллагена)

# Дегенерация или воспаление – два взгляда

## Классический взгляд – дегенеративный

- Первичное разрушение коллагена
- Гистология: отсутствие воспалительных клеток на ранних стадиях
- Дефицит LOX как основной дефект

## Новые данные – воспаление

- Повышенный уровень IL-1 $\alpha$ , IL-6, TNF- $\alpha$  в слезной жидкости — коррелирует со скоростью прогрессирования
- Активация MMP воспалительными медиаторами
- Трение глаз как механический активатор воспаления
- Терапия: противовоспалительное лечение (циклоспорин) в исследованиях

# Воспаление или дегенерация – что вы думаете?

«Кератоконус — это в первую очередь воспалительный или дегенеративный процесс?»

## За воспаление

Цитокины, MMPs, трение глаз как триггер

## За дегенерацию

Разрушение коллагена, апоптоз, потеря структуры

# Патофизиология – Ключевые тезисы

## Комплексная диагностика

Мультифакторная природа болезни, включающая генетику, биомеханику и биохимию, требует всесторонней клинической оценки всех факторов.

## Ранняя стабилизация

Механический порочный круг истончения роговицы и роста напряжения делает раннее проведение CXL решающим для остановки процесса.

## Дефицит LOX и CXL

Снижение естественного образования поперечных связей объясняет высокую эффективность CXL как метода внешней стабилизации.

## Важность информирования

Трение глаз является триггером и усилителем болезни; повторные консультации пациента — это основа базовой терапии.

ГЛАВА

# 04

## Клинические признаки в динамике (от ранних до поздних стадий)

Анамнез, данные биомикроскопии и ретиноскопии

# Клинические признаки в динамике (от ранних до поздних)

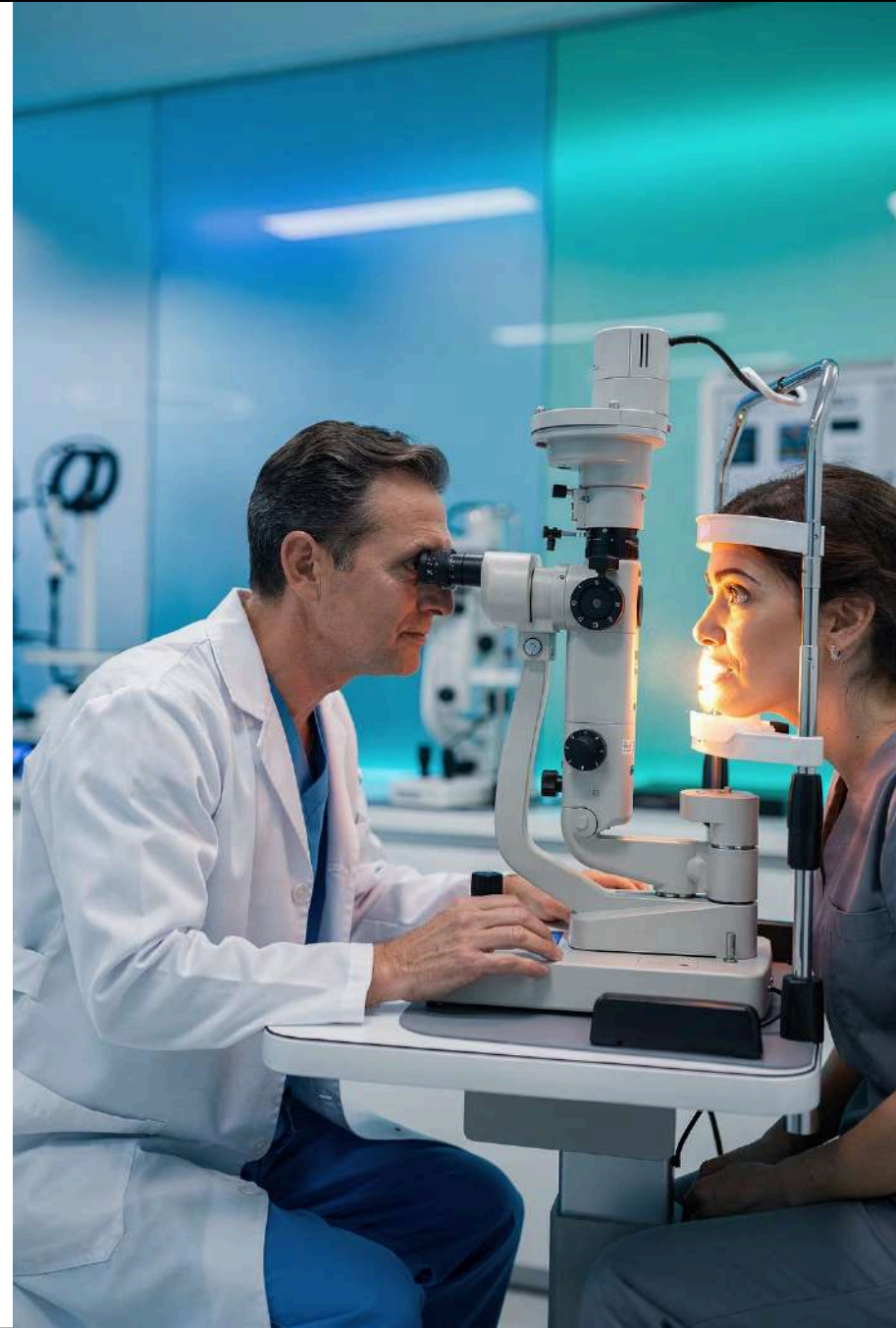
## ● Ранние признаки

- Прогрессирование миопии  $> 0,5$  дптр/год в возрасте  $< 25$  лет  $\rightarrow$  обязательная топография
- Иррегулярный астигматизм  $> 1,5$  дптр  $\rightarrow$  исключить кератоконус
- Частая смена очков без стабилизации рефракции
- Монокулярная диплопия / «двоение» изображений
- «Ножницеобразный» рефлекс при ретиноскопии
- Анамнез: трение глаз, атопия, семейный анамнез

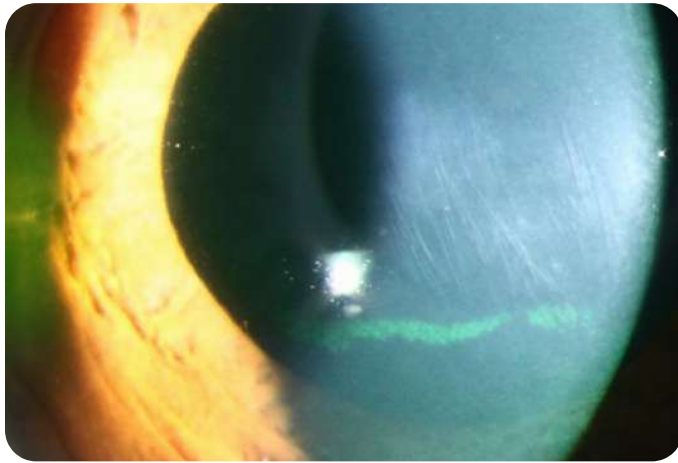
## ● Поздние признаки

- Кольцо Флейшера (отложение железа в эпителии роговицы)
- Линии Фогта (линии стресса в строме, исчезают при надавливании)
- Симптом Мансона (V-образная деформация нижнего века при взгляде вниз)
- Рубцы стромы (признак прогрессирующего заболевания)
- Заметное выпячивание роговицы

📄 **Клинический совет:** Правило: любому молодому пациенту с необъяснимым ухудшением зрения нужна топография — не стоит ждать третьей смены очков.



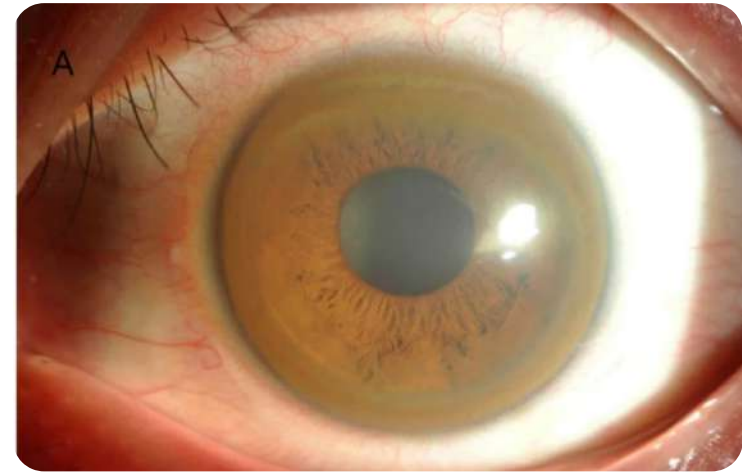
# Линии Фогта и кольцо Флейшера



Линии Фогта (щелевая лампа)

## Линии Фогта

- Тонкие вертикальные линии стресса в глубоких слоях стромы
- Причина: механическое натяжение из-за выпячивания роговицы
- Исчезают при нажатии на глазное яблоко — важный признак
- Как увидеть: щелевая лампа, узкий луч света, сильное увеличение



Кольцо Флейшера (кобальтовый синий фильтр)

## Кольцо Флейшера

- Отложения гемосидерина в эпителии у края конуса
- Как увидеть: кобальтовый синий или бесцветный свет
- Встречается примерно у 50% пациентов с кератоконусом
- Значение: подтверждает диагноз, показывает границы конуса

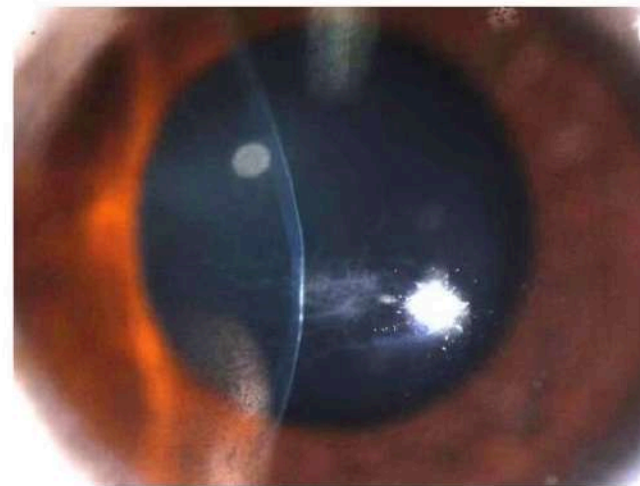


**Примечание:** Эти признаки очень специфичны, но их отсутствие не исключает кератоконус

# Признак Мансона и рубцы стромы



Признак Мансона (взгляд вниз)



Рубцы стромы (щелевая лампа)

## Признак Мансона

- V-образная деформация нижнего века при взгляде вниз
- Возникает из-за давления выпяченной роговицы на веко
- Указывает на позднюю стадию, редко встречается в начале
- Значение: легко заметить, но это поздний признак

## Рубцы стромы

- Причины: эпизоды гидропса, травмы от линз, истончение роговицы
- Локализация: центр или рядом с центром (верхушка конуса)
- Последствия: снижение зрения даже в линзе, часто нужна пересадка роговицы
- Разрывы боуеновой мембраны ведут к необратимым рубцам

☐ **Примечание:** Признак Мансона — это поздний кератоконус, нужна срочная консультация. Острый гидропс — разрыв десцеметовой мембраны, отек роговицы, требуется экстренная помощь. Обычно проходит сам, но оставляет рубцы.

# Ретиноскопия: ножницеобразный рефлекс

- **Ножницеобразный рефлекс**

Встречные световые рефлексы возникают из-за разной силы преломления в разных частях роговицы.

- **Интерпретация**

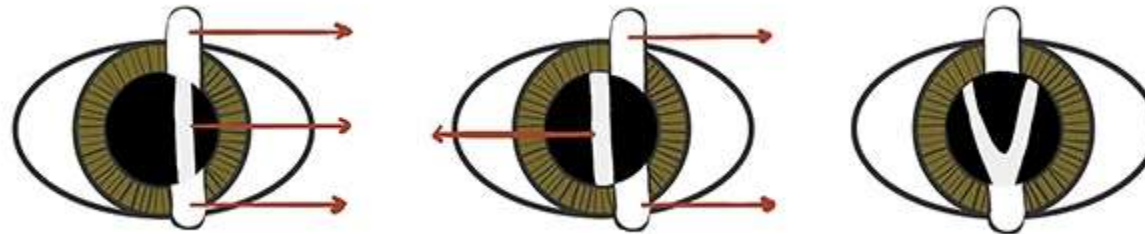
Норма: равномерное движение рефлекса.  
Подозрение: ножницеобразный феномен, неровные рефлексы.

- **Точка нейтрализации**

При кератоконусе её трудно или невозможно определить из-за нерегулярного астигматизма.

- **Практический совет**

При плохой коррекции очками всегда думайте о кератоконусе.



**Клинический совет:** Ножницеобразный рефлекс — это бесплатный тест для проверки на кератоконус; его должен знать каждый оптометрист и офтальмолог.

Клинический совет: любой нестабильный скиаскопический рефлекс у молодых пациентов требует топографического обследования.

# Щелевая лампа и ретиноскопия

## Находки при биомикроскопии

- **Линии Фогта:** Тонкие линии напряжения в строме.  
*Исчезают при надавливании на веко → патогномоничный признак кератоконуса.*
- **Кольцо Флейшера:** Отложения железа по краю конуса.  
*Отложение железа (гемосидерин) у основания конуса – видно с кобальтовым синим фильтром.*
- **Признак Мансона:** Выпячивание нижнего века при взгляде вниз. V-образная деформация нижнего века при взгляде вниз – признак запущенной стадии.
- **Признак Риццути:** Конический рефлекс при боковом освещении.
- **Рубцы роговицы:** Запущенная стадия.

## Ретиноскопия

- **Симптом «ножниц»:** Патогномоничен для кератоконуса.  
*Разнонаправленные световые рефлексy = неравномерная рефракция → подозрение на кератоконус.*
- Ранний признак, заметен даже без изменений при биомикроскопии.
- Неровные световые рефлексy в области зрачка.
- *Точка нейтрализации трудно определяется → признак нерегулярного астигматизма.*

- ☐ **Клиническая рекомендация:** Биомикроскопия + ретиноскопия = бесплатная первичная диагностика – высокочувствительна у опытного врача.

# Анамнез – правильные вопросы

## Возраст < 25 лет, прогрессирующая миопия

Зачем спрашивать? Риск быстрого ухудшения зрения.



## Частая смена очков, плохое зрение

Зачем спрашивать? Признак нестабильного астигматизма.



## Частое трение глаз (аллергия)

Зачем спрашивать? Это главный фактор, который можно изменить.



## Наследственность

Зачем спрашивать? Болезнь передается в семье — нужно проверить братьев и сестер.



## Трение глаз: частота, сила, причины

Зачем спрашивать? Понять, что именно вызывает трение.



## Семейная история: операции на роговице

Зачем спрашивать? Исключить генетическую предрасположенность.

Правильный опрос занимает 2 минуты и помогает поставить диагноз вовремя.

# 19-летний студент со снижением зрения

## История пациента

- 19 лет, мужчина, студент
- Последние 6 месяцев: ухудшение зрения слева > справа
- Смена очков 3 месяца назад — улучшений нет
- Частое трение глаз при сенной лихорадке
- Семейный анамнез не отягощен

## Данные осмотра

- Острота зрения: R: 0,8 / L: 0,5 (в очках)
- Рефракция: нарастающий иррегулярный астигматизм слева
- Биомикроскопия: без особенностей
- Ретиноскопия: симптом «ножниц» слева

### Вариант А

Выписать новые очки, контроль через 6 месяцев

### Вариант В

Назначить топографию/ томографию

### Вариант С

Срочное направление к специалисту по роговице

**Обсуждение:** Каким будет ваш следующий шаг?



# Кератоконус – основные выводы



## Раннее выявление

- Рефлекс «ножниц» = самый ранний признак
- Частая смена очков до 25 лет → **всегда топография**



## Фактор риска

- Трение глаз = главная причина прогрессирования
- **Строго запретить** (объясните пациенту!)



## Осмотр

- Линии Фохта, кольцо Флейшера = типичны
- Часто их нет → **не откладывайте диагностику**



## Поздняя стадия

- Симптом Мансона = далеко зашедшая стадия
- **Поздно для профилактики** → **только борьба с последствиями**

*«Кератоконус пропускают не потому, что он редкий, а потому, что о нем не думают».*

ГЛАВА

# 05

## Диагностика без высоких технологий

Ретиноскопия, кольца Пласидо и клинический осмотр



# Диагностика без высоких технологий

## Что возможно – и когда направлять к специалисту?

### Анамнез

Трение глаз, смена очков, семейный анамнез, атопия (2 мин, бесплатно).

### Ретиноскопия

Симптом «ножниц» как чувствительный ранний признак нерегулярности роговицы.

### Кератометрия

$K_{max} > 47$  dpt или асимметрия — обязательное направление.

1

2

3

4

5

6

### Острота зрения и рефракция

Нерегулярный астигматизм, плохая коррекция очками — «красный флаг».

### Щелевая лампа

Линии Фогта, кольцо Флейшера, симптом Мансона — специфичные, но поздние признаки.


### Направление на топографию

При любом подозрении — без исключений. Базовое обследование не может исключить кератоконус.



**Клиническое значение:** Этот алгоритм занимает менее 10 минут и может предотвратить кератопластику. В условиях ограниченных ресурсов: базовое обследование обосновывает подозрение, топография остается «золотым стандартом» для исключения диагноза.



 ИНТЕРАКТИВНОЕ УПРАЖНЕНИЕ

# «Красные флаги» при базовом осмотре

«Какие признаки во время базового осмотра должны вызвать у вас подозрение?»

**🚩 Нерегулярный астигматизм > 1,5 дптр в возрасте < 25 лет**

*Почему?* Указывает на эктазию роговицы.

**🚩 Частая смена очков без стабилизации**

*Почему?* Признак прогрессирующей миопии или астигматизма.

**🚩 Частое трение глаз**

*Почему?* Главный механический фактор риска кератоконуса.

**🚩 Асимметричный астигматизм на двух глазах**

*Почему?* Кератоконус часто начинается неравномерно.

**🚩 Пахиметрия < 480 мкм**

*Почему?* Локальное истончение типично для эктазий.

**🚩 Атопия / аллергические заболевания**

*Почему?* Часто связанные общие заболевания организма.

**🚩 Непереносимость контактных линз у молодых пациентов**

*Почему?* Часто первый симптом при развитии кератоконуса.

**🚩 Симптом «ножниц» при ретиноскопии**

*Почему?* Характерен для неровностей поверхности роговицы.

**🚩 Низкое зрение при оптимальной коррекции**

*Почему?* Искажения на поверхности ухудшают качество изображения.

**🚩 Линии Фогта / кольцо Флейшера / симптом Мансона**

*Почему?* Классические признаки при осмотре на щелевой лампе.

**🚩 Kmax > 47 дптр при кератометрии**

*Почему?* Выход за верхнюю границу нормы – нужна топография.

**🚩 Нижнее крутое положение (I-S значение > 1,4 дптр)**

*Почему?* Указывает на начальное образование конуса внизу.

**🚩 Монокулярная диплопия или двоение**

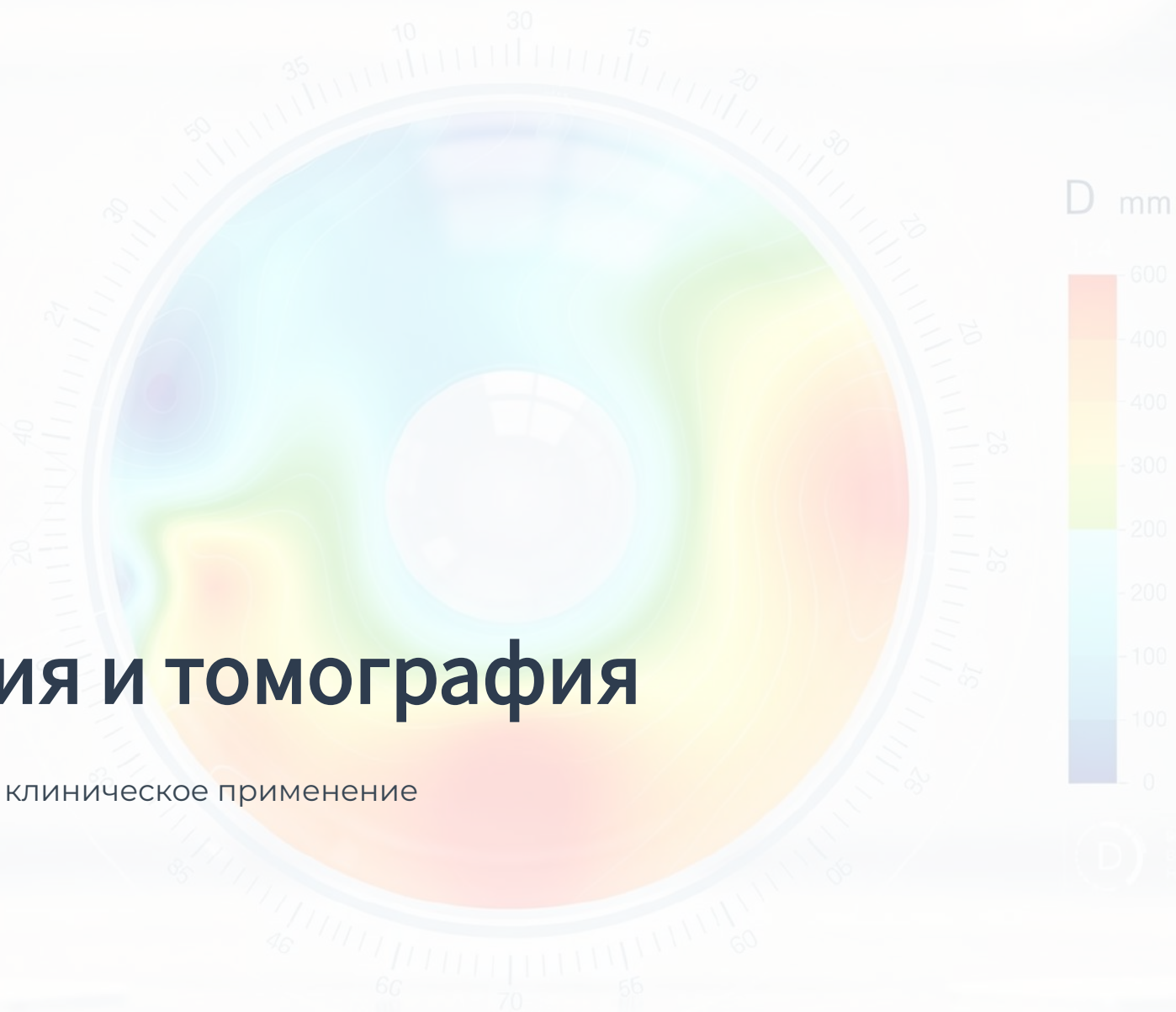
*Почему?* Причина – неровная поверхность роговицы.

ГЛАВА

# 06

## Топография и томография

Принципы измерений и клиническое применение



© 2015  
Dental Research  
Foundation  
All rights reserved.

# Диагностическая визуализация

## Методы и показания

### Топография (Пласидо)

- Измеряет отражение колец Пласидо → карта кривизны передней поверхности
- Высокое разрешение неровностей поверхности; быстро, доступно
- Минус: нет данных о задней поверхности, пахиметрии и элевации
- Когда достаточно? Скрининг, контроль при известном кератоконусе

- **ОСТ переднего отрезка:** карта эпителия — ранняя диагностика
- **Биомеханика (Corvis ST):** индексы жесткости — дополнение

☐ **Золотое правило:** Топография для скрининга — томография для диагностики и планирования лечения.

### Томография (Шаймпфлюг)

- Измеряет оптический срез → 3D-реконструкция всей роговицы
- Плюс: передняя и задняя поверхность, пахиметрия, элевация, индекс BAD-D
- Золотой стандарт: диагностика, стадирование и планирование операций
- Когда обязательно? Подозрение на кератоконус, перед рефракционной хирургией



# Что меняется при кератоконусе?

Четыре основных изменения — основа для понимания всех диагностических параметров.

## Роговица становится тоньше

Пахиметрия ↓ — в центральной и парацентральной зонах



## Поверхность становится неровной

Астигматизм увеличивается — коррекция затруднена



## Роговица становится круче

Радиус кривизны ↓ —  $K_{max}$  растет



## Задняя поверхность меняется первой

Задняя элевация — самый ранний диагностический маркер



PENTACAM

## Pentacam – систематическая интерпретация

Pentacam (Oculus) — это система на основе сканирования по Шаймпфлюгу. Она является «золотым стандартом» для диагностики кератоконуса, определения стадии заболевания и предоперационного обследования перед LASIK.

### Архитектура системы

Вращающаяся камера Шаймпфлюга. За один скан измеряет переднюю и заднюю поверхность роговицы, пахиметрию и элевацию.

### Ключевые показатели

Индекс BAD-D (комбинированный показатель эктазии), карты элевации (передняя/задняя), пахиметрическая карта, Kmax. Высокая точность измерений.

### Интерпретация

Пороговые значения: Kmax > 47 дптр, задняя элевация > 12 мкм (подозрение) / > 15 мкм (патология), пахиметрия < 500 мкм (подозрение), BAD-D > 1,6 (пограничное) / > 2,6 (патология).

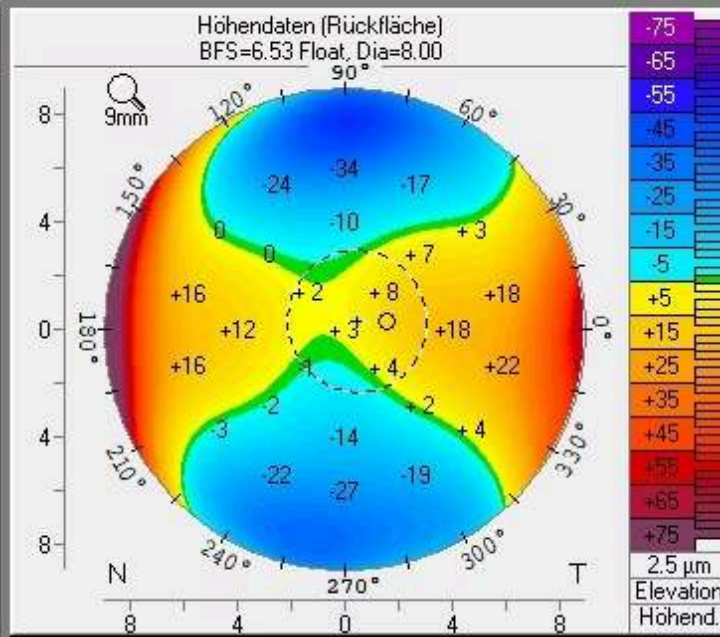
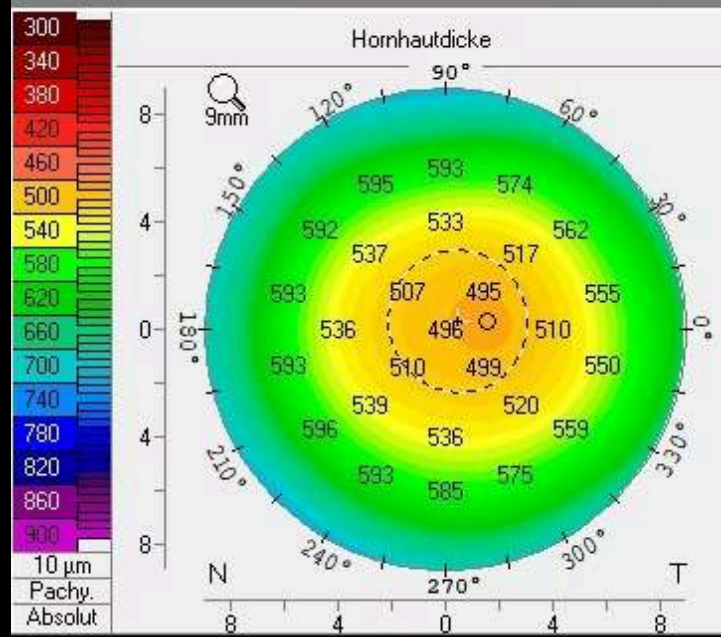
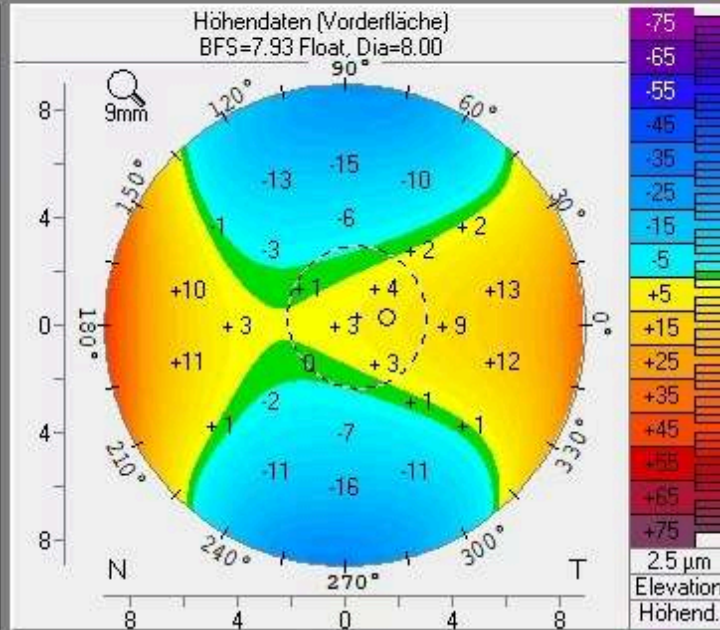
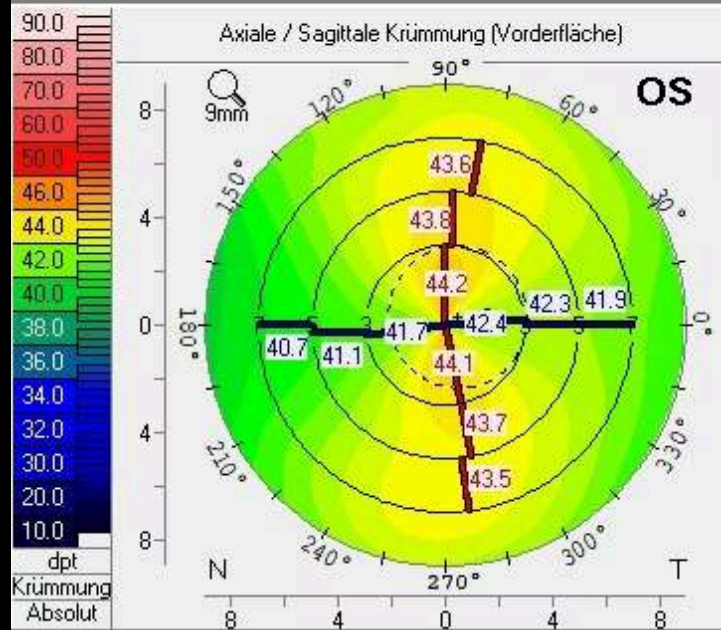
### Особенности

Пошаговый алгоритм: проверка качества (QS ≥ 95 %) → кривизна → пахиметрия → элевация → BAD-D → клинический вывод. Не оценивайте один показатель отдельно от других.

### Клиническая заметка

Всегда оценивайте все 4 карты вместе. Задняя элевация часто является самым ранним признаком — она меняется раньше передней поверхности. Одного подозрительного показателя недостаточно для постановки диагноза.

# Refraktiv





SCHWIND SIRIUS

## Schwind Sirius – Комбинированная система

Система Schwind Sirius — это точное диагностическое решение, объединяющее две проверенные технологии в одном устройстве:

### Архитектура системы

Объединяет плацидо-топографию и схеимпflug-томографию для одновременного получения топографии передней поверхности и 3D-томографии.

### Анализ и индексы

Предоставляет надежные показатели кератоконуса, такие как Keratoconus Index (KI), KISA% и классификацию Amsler-Krumeich для объективной оценки.

### Интерпретация

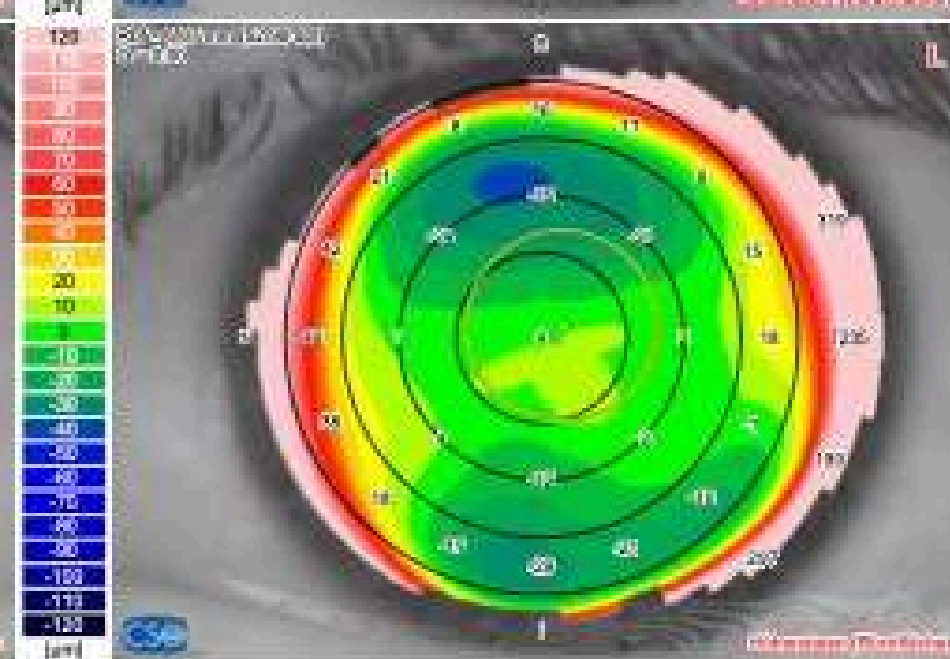
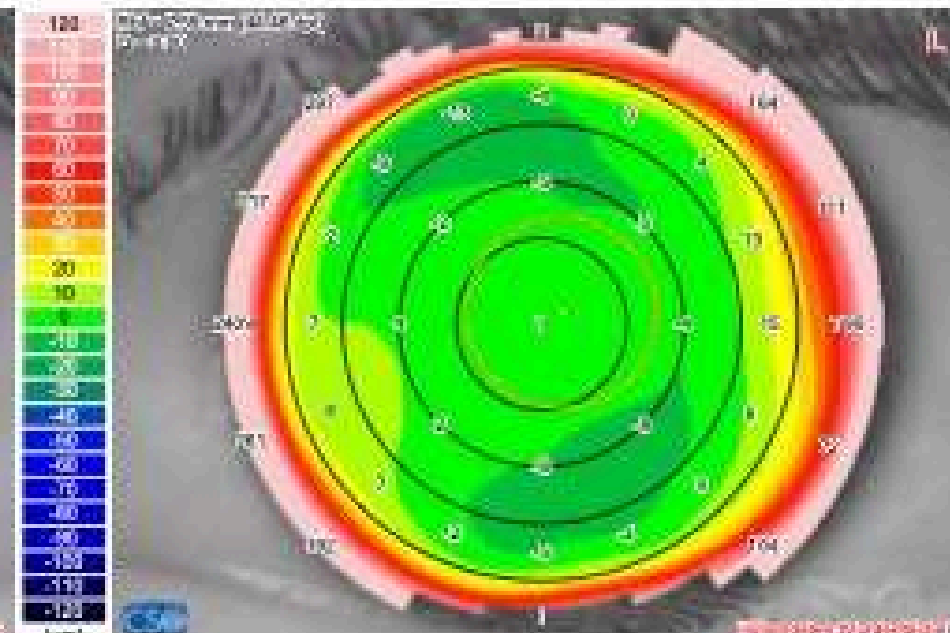
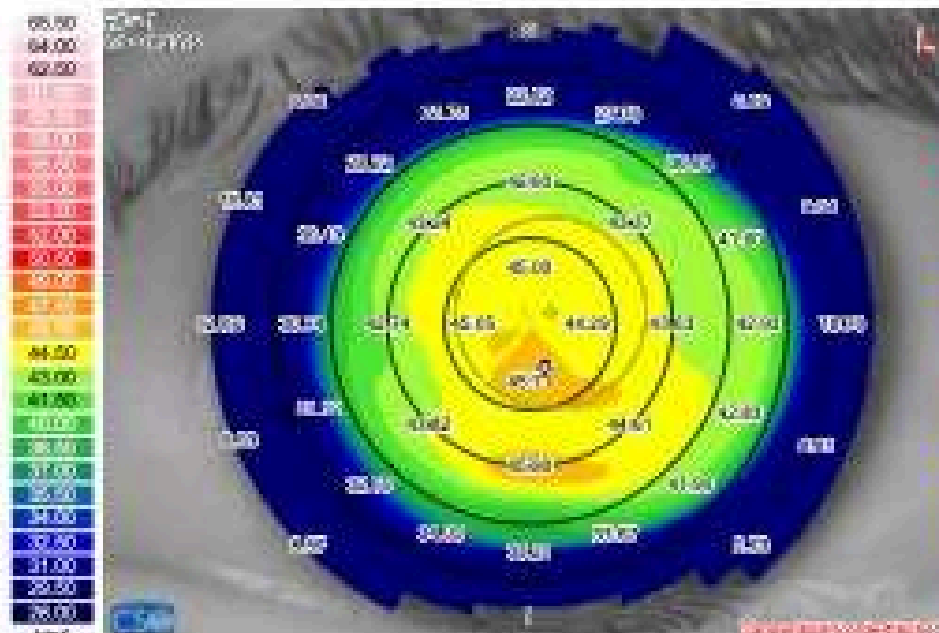
Для оценки элевации, пахиметрии и кривизны используются те же пороговые значения, что и в Pentacam, что облегчает переход на новую систему.

### Особенность

Комбинированный анализ позволяет точно сопоставлять данные, значительно снижая риск системных ошибок при измерениях.

### Клиническая значимость

Комбинированные системы особенно полезны при пограничных результатах — больше данных помогают принять более точное клиническое решение.



# Pentacam против Sirius – Практические различия


## Pentacam (Oculus)

- BAD-D Score: комбинированный индекс эктазии
- BAD-D > 2,6 = патология; 1,6–2,6 = пограничное состояние → частый контроль
- Belin/Ambrósio Enhanced Ectasia Display: сочетает 8 параметров
- Преимущество: анализ задней поверхности, лучшая доказательная база, чаще всего используется в исследованиях
- Недостаток: более низкое разрешение передней поверхности, нет встроенной топографической системы

## Sirius (Schwind)

- Индекс кератоконуса (KI) как основной параметр
- KISA% Index: сочетание кривизны, асимметрии и иррегулярности
- Преимущество: плацидо-разрешение передней поверхности, сочетает топографию и томографию в одном сканировании
- Практический плюс: один прибор для всех параметров роговицы
- Недостаток: менее валидированный индекс эктазии

📌 Обе системы равноценны для диагностики кератоконуса – важен опыт работы именно с вашим прибором.

 СРАВНИТЕЛЬНАЯ ДИСКУССИЯ

# Комбинированная система – есть ли клиническая польза?

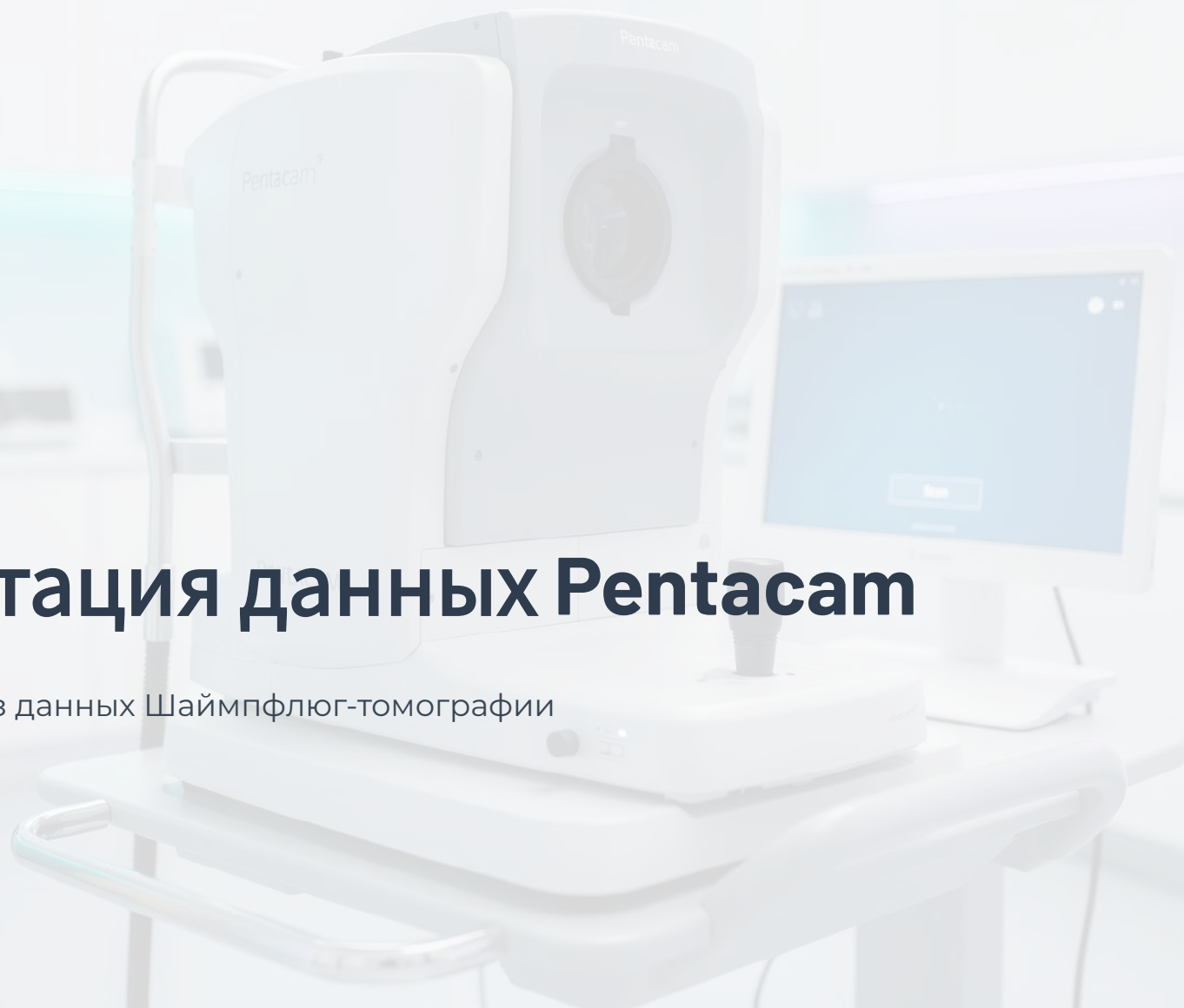
"С какой системой вы предпочитаете работать и почему?"

ГЛАВА

# 07

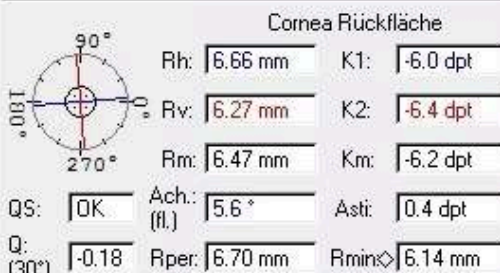
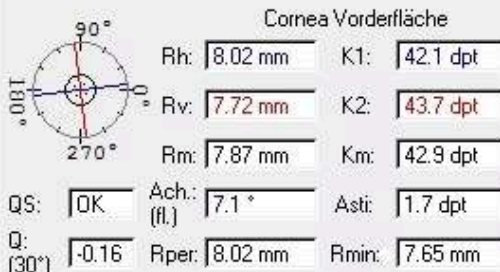
## Интерпретация данных Pentacam

Систематический анализ данных Шаймпфлюг-томографии



Rechts

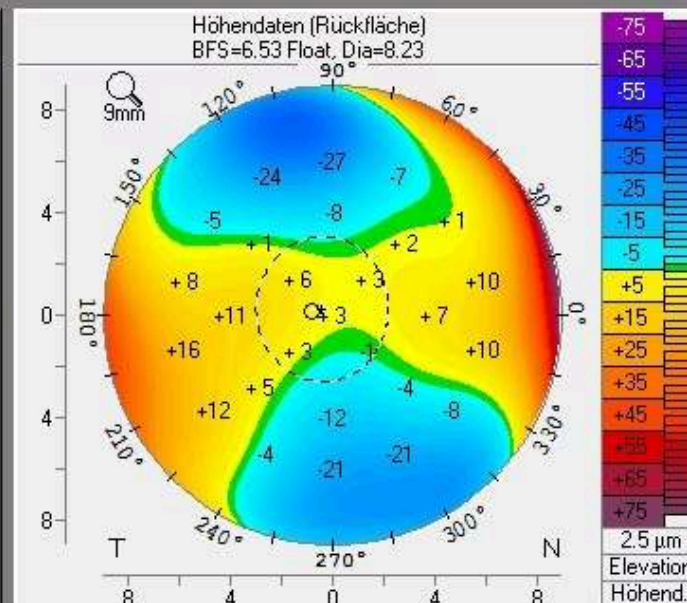
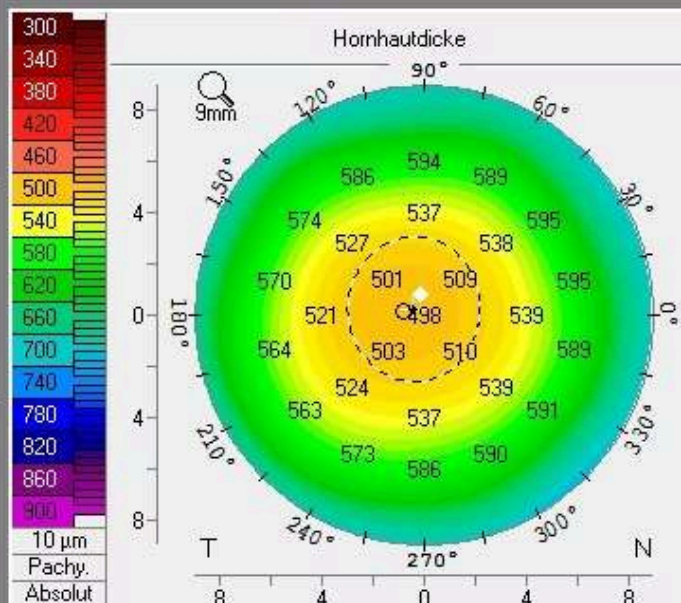
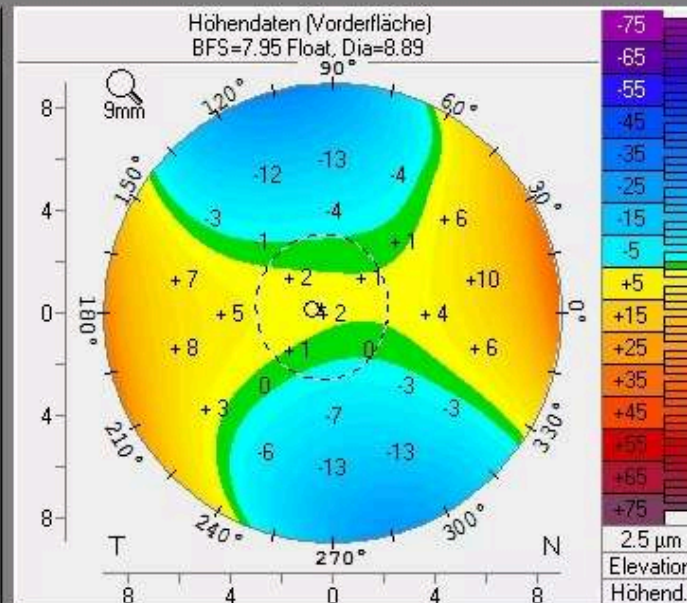
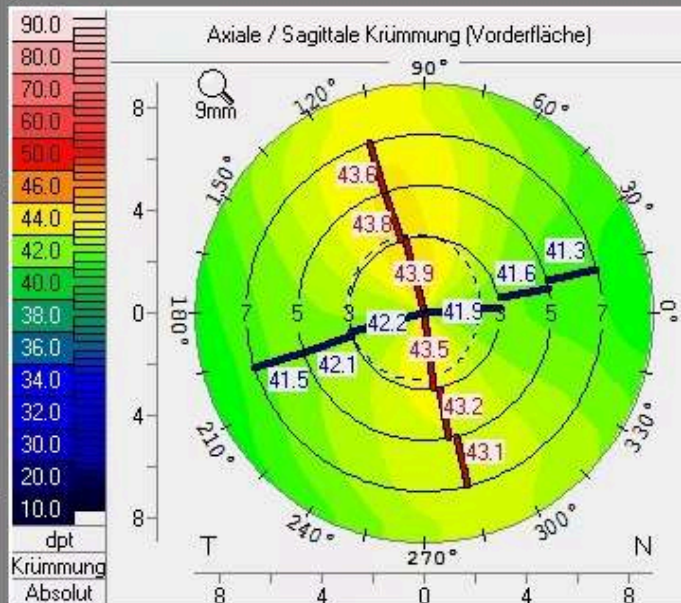
08:10:34



	Pachy:	x[mm]	y[mm]
Pupillenzentrum:	+ 497 µm	-0.21	+0.11
Pachy Apex:	- 498 µm	0.00	0.00
Dünnste Stelle:	○ 496 µm	-0.42	+0.07
K Max (Vorderfl.):	44.1 dpt	-0.07	+0.42

Cornea Volumen:	56.4 mm <sup>3</sup>	HWTW:	12.3 mm
Kammervolumen:	162 mm <sup>3</sup>	Winkel:	38.8°
VK Tiefe (Int.):	2.80 mm	Pupille:	2.71 mm
Eing. IOD	IOD(kor):	Linsendi.:	

Refraktiv



Rechts  
15:14:39

**Cornea Vorderfläche**



Rh:	8.03 mm	K1:	42.0 dpt
Rv:	7.73 mm	K2:	43.7 dpt
Rm:	7.88 mm	Km:	42.8 dpt
QS:	OK	Ach. (fl.):	7.0°
exz: (8mm):	0.42	Rper:	8.05 mm
		Rmin:	7.68 mm

**Cornea Rückfläche**



Rh:	6.71 mm	K1:	-6.0 dpt
Rv:	6.35 mm	K2:	-6.3 dpt
Rm:	6.53 mm	Km:	-6.1 dpt
QS:	OK	Ach. (fl.):	2.6°
exz: (8mm):	0.55	Rper:	6.78 mm
		Rmin:	6.28 mm

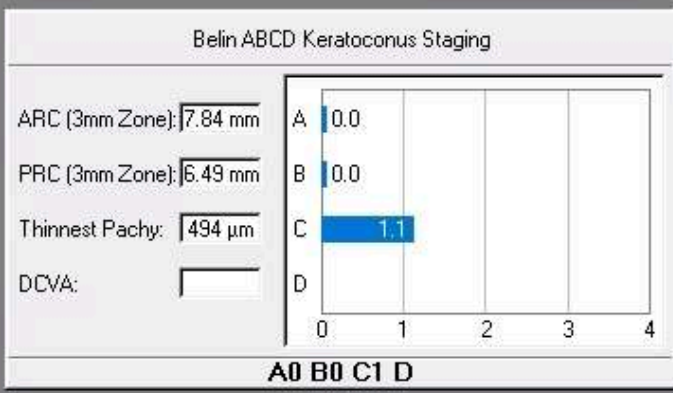
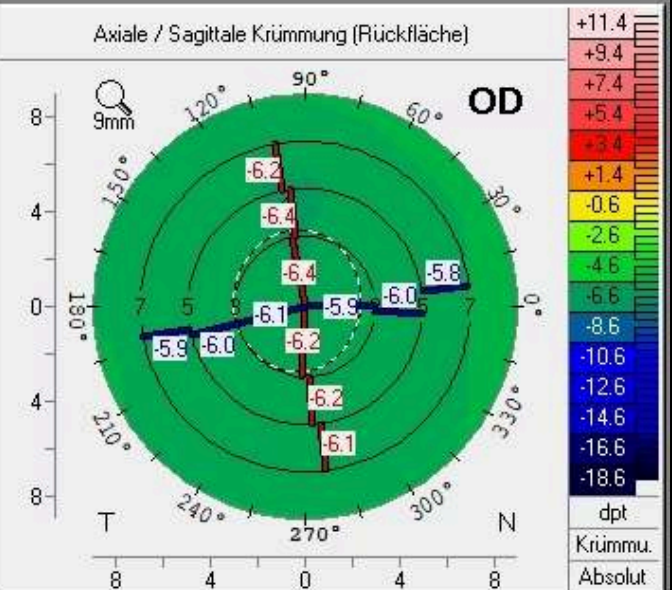
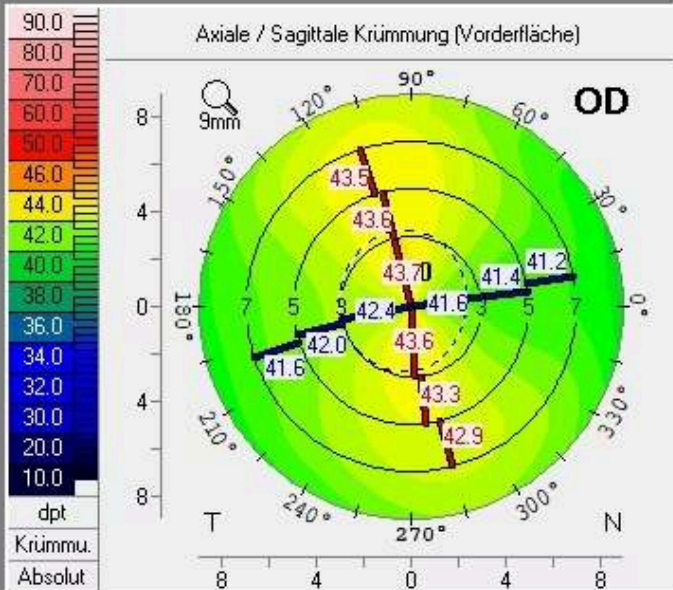
**True Net Power**



Asti:	1.5 dpt	K1:	40.8 dpt
Ach. (fl.):	8.0°	K2:	42.4 dpt
P.Max:	42.6 dpt	Km:	41.6 dpt

Pachy:	x[mm]	y[mm]
Pupillenzentrum: +	495 µm	-0.17
Pachy Vertex N.:	496 µm	0.00
Dünnstelle: ○	494 µm	-0.49
K Max (Vorderfl.):	44.0 dpt	-0.07

Cornea Volumen:	55.4 mm <sup>3</sup>	HWTW:	12.2 mm
Kammervolumen:	156 mm <sup>3</sup>	Winkel:	38.0°
VK Tiefe (Int.):	2.84 mm	Pupille:	2.84 mm
IOD(Sum):	+2.2 mmHg	Linsendi.:	
Aximale Länge:	26.268 mm	SNR(Ax.L.):	46.9



Numerische Exz. (Vorderfl.) der Hauptmeridiane

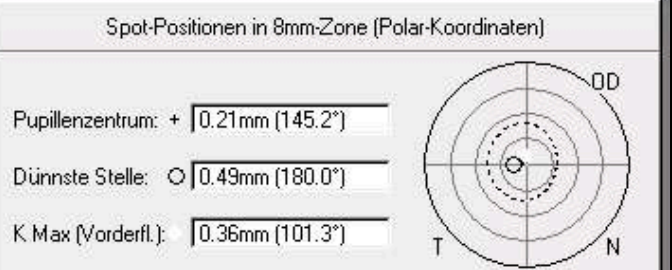
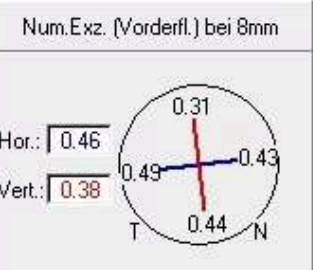
(exz)	Periphere mm-Ringe (Durchmesser)				
	6mm	7mm	8mm	9mm	10mm
Nas	0.36	0.38	0.43	0.49	0.57
Temp	0.48	0.48	0.49	0.51	0.55
Inf	0.44	0.45	0.44	0.42	0.44
Sup	0.28	0.31	0.31	0.32	0.44
Mittelw.	0.39	0.40	0.42	0.43	0.50

Vorderfläche:  
 Numerische E  
 Axiale/Sag. K

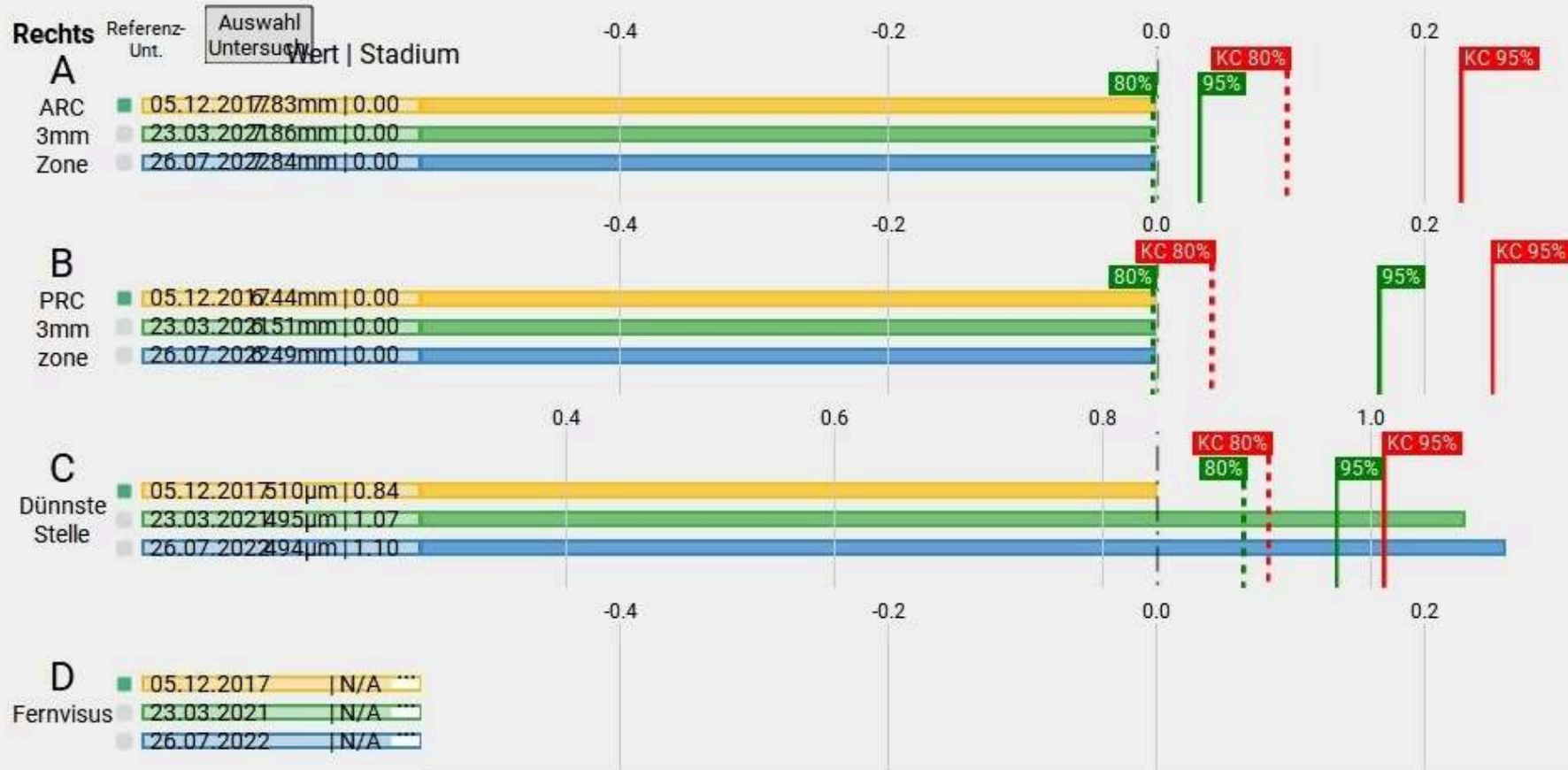
Rückfläche:  
 Numerische E  
 Axiale/Sag. K

Indizes (in 8mm-Zone)

ISV:	17	IHA:	1.5
IVA:	0.07	IHD:	0.007
KI:	1.00	RMir:	7.68
CKI:	1.01	TKC:	-
KISA:	4.545	IS:	-0.23

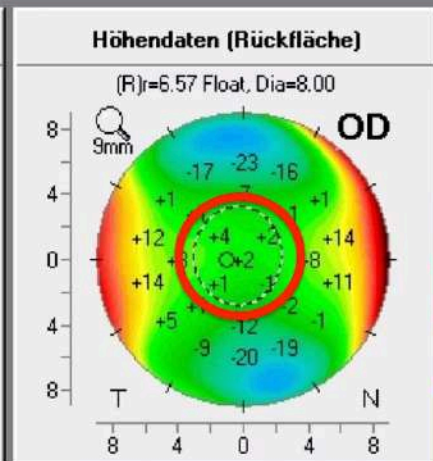
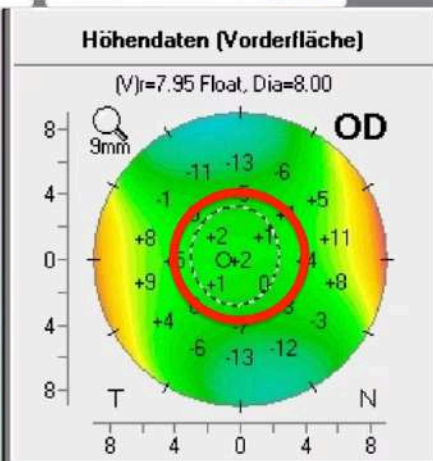
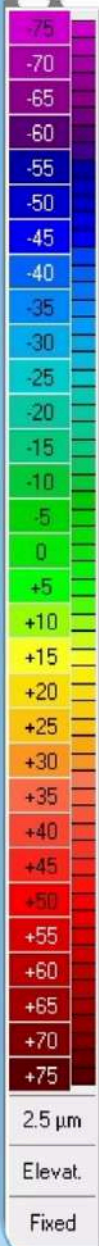


ID: 49689 Geb. Da... 03.05.1980 OD Rechts OS Links Beide Augen 80% 95% KC 80% 95% Gesamt. Justiert

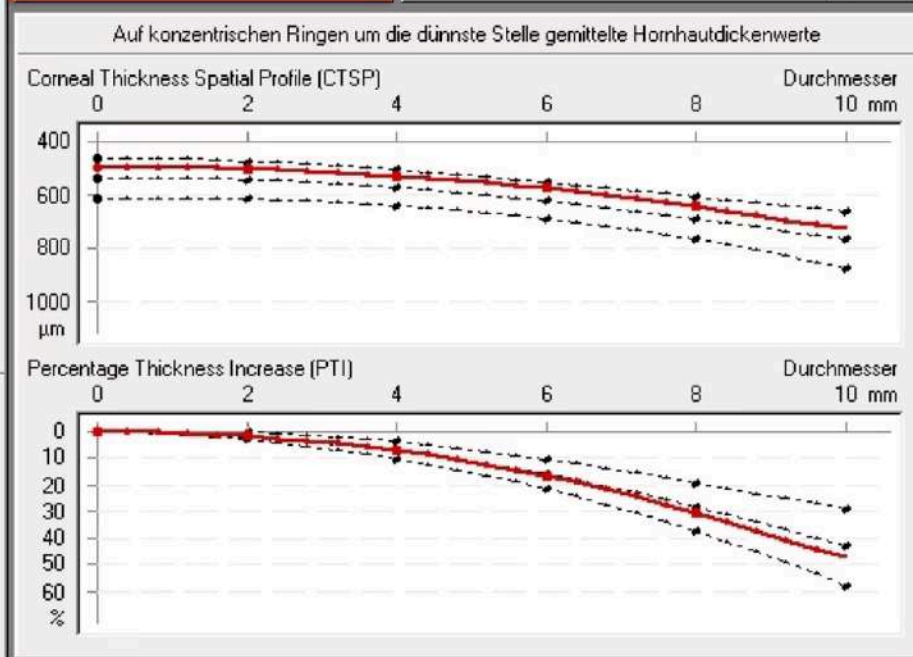
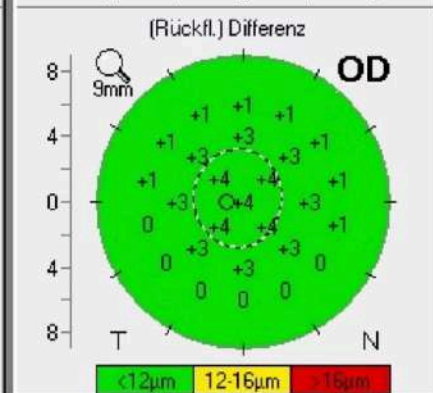
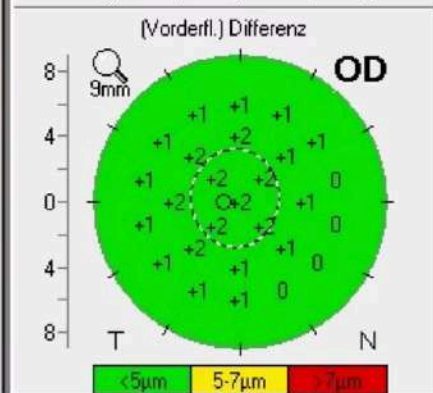
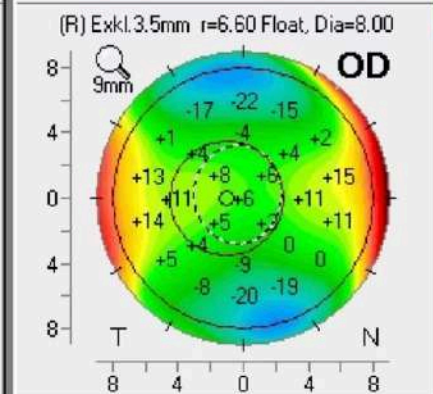
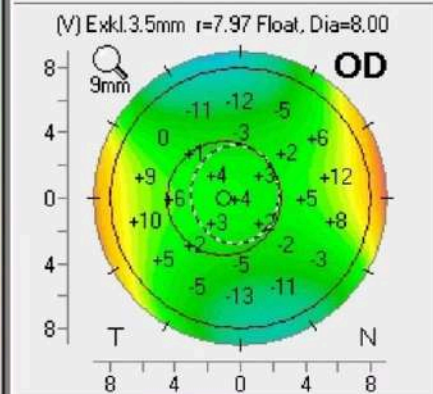
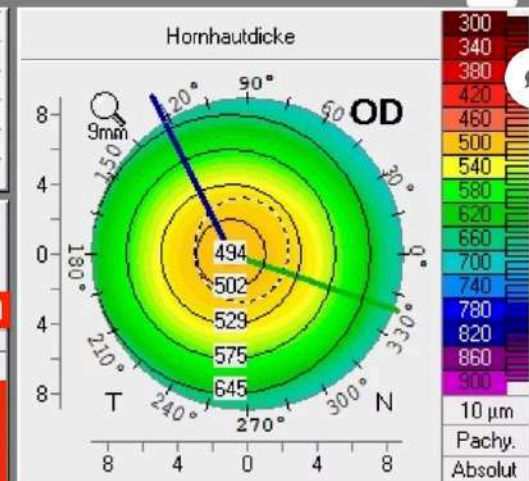


Referenz 80% Konfidenzintervall 95% Konfidenzintervall 80% Konfidenzintervall 95% Konfidenzintervall, unbeh. 80% Normale-Pop. 95% Normale-Pop. 80% Keratokonus- 95% Keratokonus-Population

Baseline Exam	Datum   Zeit	Klassifizierung	BAD D	Prog Index	ARTmax	K Max (ant)	Q [ant] (6mm)	Q [pos] (6mm)	ISV	IVA	IHA	IHD	qs Tomographie	CXL Behan...
Σ	05.12.2017   12:41:30	A0 B0 C0 D	0.95	1.05	406	44.4	-0.18	-0.03	18	0.06	1.5	0.004	✓	
Ergebnis-Tabelle	23.03.2021   09:40:25	A0 B0 C1 D	0.79	1.01	439	44.0	-0.16	-0.12	18	0.07	3.2	0.003	✓	
	26.07.2022   15:14:39	A0 B0 C1 D	0.88	1.03	425	44.0	-0.16	-0.11	17	0.07	1.5	0.007	✓	



Rh:	8.03mm	Ach.:	7.0°
Rv:	7.73mm	exz.:	0.42
KMax:	44.0dpt	(9mm) QS:	OK
Pachy dünnste Stelle:	○ 494µm		
Dist. Vertex N.-Thin. Loc.:	0.49mm		
F.Ele.Th	2µm	B.Ele.Th	3µm
Progressions-Index:			
Min:	0.82	Max:	1.16
Mittel:	1.03	ARTmax	425




Referenz Datenbank:  Myop/Normal  Hyperop/Mixed Zyl.  Literatur

Df: -0.36 Db: -0.38 Dp: 0.84 Dt: 1.38 Da: 0.58 **D: 0.88**

# Пороговые значения интерпретации

Показатель	Подозрительно	Патологично
Kmax	47–50 dpt	> 50 dpt
Задняя элевация (BFS)	> 12 $\mu\text{m}$	> 15 $\mu\text{m}$
Передняя элевация	> 12 $\mu\text{m}$	в сочетании с задней: высокоспецифично
Пахиметрия (мин.)	< 500 $\mu\text{m}$	< 450 $\mu\text{m}$
BAD-D Score	1,6–2,6	> 2,6

-  **Клинический совет:** Всегда оценивайте все показатели вместе — одного необычного значения недостаточно для постановки диагноза. Задняя элевация часто является самым ранним признаком.

# Интерпретация прогрессии пахиметрии (PI и ART)

## Индекс прогрессии (PI)

### PI avg (среднее значение)

< 1,0	Норма
1,0 – 1,2	Пограничное
> 1,2	Подозрительное

### PI max

< 1,2	Норма
1,2 – 1,4	Подозрительное
> 1,4	Патологическое

## ARTmax

*Ambrosio Relational Thickness*

> 400	Норма
300 – 400	Пограничное
< 300	Патологическое

Сочетает самое тонкое место и прогрессию толщины – чувствительный ранний показатель

## Клиническая интерпретация

### Типичный рисунок кератоконуса

- PI ↑ (повышен)
- ART ↓ (понижен)

### Тревожные признаки (Red Flags)

- PI avg > 1,1 + ART < 400 → подозрительно
- Асимметрия между глазами → всегда подозрительно
- Пограничные результаты: контроль через 3–6 месяцев

**Клинический совет:** Важна не сама толщина, а изменение толщины — градиент является ключевым параметром.

# Диагностическая визуализация – основные выводы

## **Томография — «золотой стандарт»**

Анализ передней и задней поверхности. Клинически: основа для исключения эктазии.

## **Задняя элевация > +15 $\mu$ m**

Ранний маркер кератоконуса.  
Клинически: сигнал тревоги при истончении роговицы.

## **BAD-D > 1,6 / > 2,6**

> 1,6: риск эктазии. > 2,6: патология.  
Клинически: не интерпретировать изолированно.

## **Контроль качества прежде всего**

QS < 95 %: повторить измерение.  
Клинически: основа для надежной диагностики.

## **Комплексная интерпретация**

Оценивайте все 4 карты Pentacam вместе: элевация, пахиметрия, кривизна, BAD-D.

## **Обязательный скрининг**

Томография перед любой рефракционной операцией.  
Клинически: эктазию после LASIK можно предотвратить.

# Ранняя диагностика: какой параметр первый?

"Какие параметры наиболее чувствительны для ранней диагностики кератоконуса?"

Расположите их по степени чувствительности — какой параметр становится патологическим раньше всех?

**A**

Передняя элевация

**B**

BAD-D Score > 1,6  
(комбинированный индекс)

**C**

Пахиметрия < 500  $\mu\text{m}$  (толщина  
роговицы)

**D**

Задняя элевация > +15  $\mu\text{m}$  (задняя поверхность)

**E**

Kmax > 47 dpt (передняя поверхность)

# Рейтинг чувствительности (ранняя диагностика)

01

## D – Задняя элевация (BFS)

Самый ранний показатель – часто заметен до изменений кривизны

02

## C – Градиент пахиметрии

Характер истончения важнее абсолютного значения

03

## B – BAD-D Score

Комбинированный индекс – высокая чувствительность

04

## E – Kmax

Заметен только при выраженном заболевании

05

## A – Передняя элевация

Появляется позже задней – менее чувствительна для ранней диагностики

### 📄 Клиническая рекомендация

Задняя поверхность роговицы – ранний индикатор. Это видно на Pentacam/томографии, но не на топографии.

ГЛАВА

# 08

## Дифференциальная диагностика

Кератоконус, ПМД, эктазия после ЛАЗИК и кератоглобус



# Дифференциальная диагностика эктазии роговицы

Важно: локализация крутизны + анамнез + рисунок на топографии

## Кератоконус

Самая частая эктазия. Топография: крутизна снизу, центрально/парацентрально, рисунок «галстука». Ктах повышен в центре или рядом. Начало в 10–25 лет.

## ПМД (пеллюцидная краевая дегенерация)

Истончение по краям снизу, 1–2 мм от лимба. Топография: «рисунок бабочки»; крутизна внизу по краям, не в центре. Ктах на периферии.

## Пост-LASIK эктазия

После операций. Важен анамнез. Рисунок в центре; толщина остаточной стромы < 250 мкм — главный риск. Часто был скрытый кератоконус до операции.

## Кератоглобус

Редкий, часто врожденный. Истончение всей роговицы. Часто связан с болезнями соединительной ткани (Марфана, Элерса-Данло).

## Forme fruste кератоконус

Субклинический; виден только на топографии/томографии. Острота зрения в норме. Важно для отбора на LASIK.

❏ **Правило быстрого решения:** Где крутизна? В центре = КК; внизу по краям = ПМД; везде = кератоглобус; после операции в центре = пост-LASIK эктазия. Анамнез (операции? возраст? прогрессия?) + топография = диагноз в > 90% случаев.



# Кератоконус против ПМД – Краткий обзор

## Кератоконус

- Топография: выпячивание снизу, центрально/ парацентрально
- Рисунок: «галстук» или «капля»
- Ктах: повышение в центре ( $> 47$  дптр)
- Пахиметрия: самое тонкое место в центре/парацентрально
- Щелевая лампа: кольцо Флейшера, линии Фогта, симптом Мансона
- Возраст: обычно 15–35 лет

## Пеллюцидная маргинальная дегенерация (ПМД)

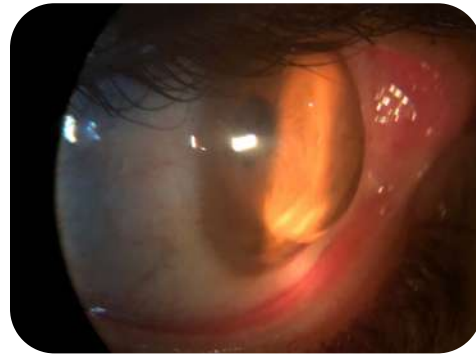
- Топография: выпячивание снизу по периферии
- Рисунок: «бабочка» или «клешня краба»
- Ктах: повышение на периферии, центр относительно плоский
- Пахиметрия: самое тонкое место снизу по периферии (1–2 мм от лимба)
- Щелевая лампа: нет типичных признаков, как кольцо Флейшера
- Возраст: обычно 20–40 лет
- Часто истончение роговицы у лимба!

- ❑ **Клиническое правило:** При ПМД выпячивание находится снизу по периферии – центр остается относительно плоским. При кератоконусе поражается центр/парацентр.

# Сравнение топографических паттернов



*Кератоторус*



*Кератоглобус*



*LASIK-эктазия*



*Кератоконус*

Обращайте внимание на: локализацию зоны крутизны, симметрию, распределение пахиметрии

# Результаты Pentacam: ваш диагноз?

«Это кератоконус?»

Параметр	Результат
Kmax	56,8 dpt
Самая тонкая точка	449 $\mu\text{m}$
Задняя элевация	+81 $\mu\text{m}$
BAD-D Score	11,6

А) Норма — лечение не требуется

Б) Подозрение на кератоконус —  
осмотр через 6 месяцев

В) Кератоконус II–III стадии —  
рассмотреть кросслинкинг

Links  
11:07:43

**Cornea Vorderfläche**

Rh:	6.98 mm	K1:	48.4 dpt
Rv:	6.62 mm	K2:	51.0 dpt
Rm:	6.80 mm	Km:	49.7 dpt
QS:	OK	Ach. (fl.):	156.7°
exz: (8mm)	0.97	Rper:	7.83 mm
		Rmin:	5.94 mm
		Asti:	2.6 dpt

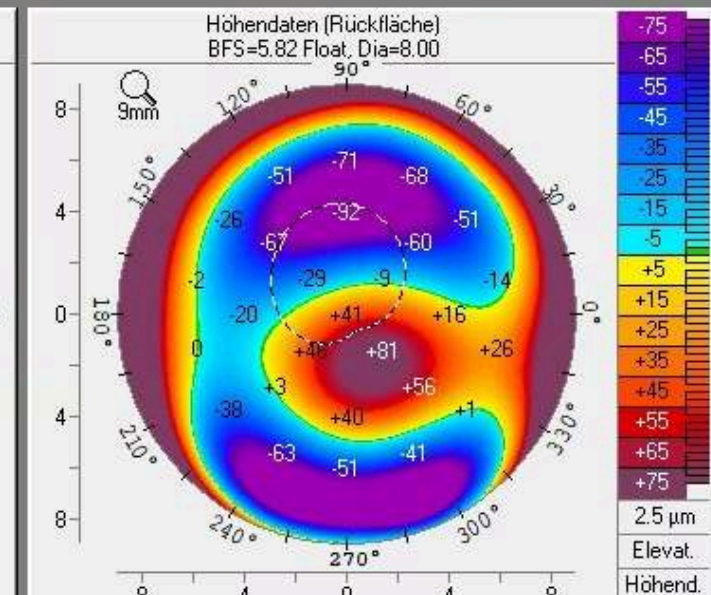
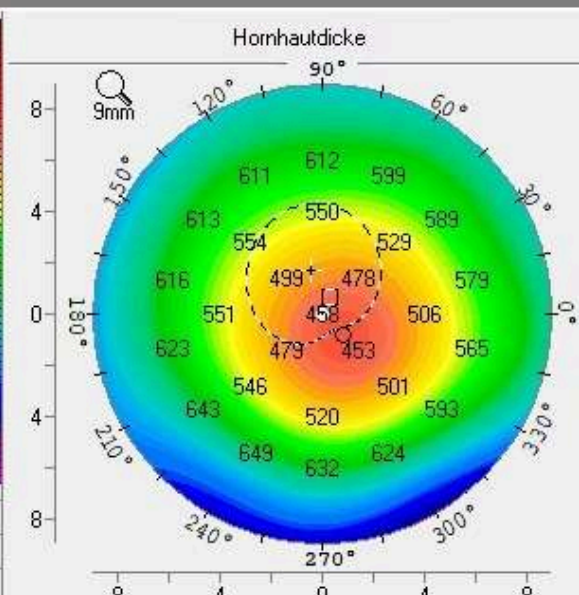
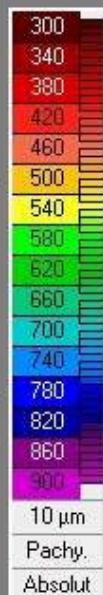
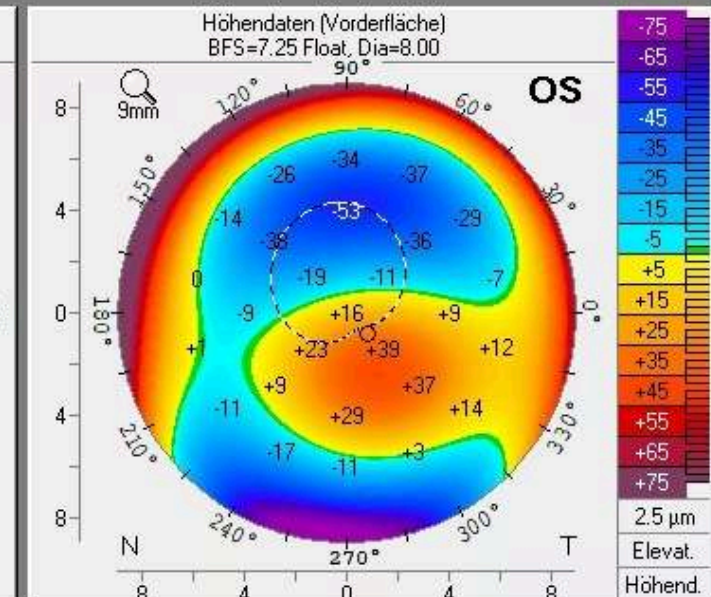
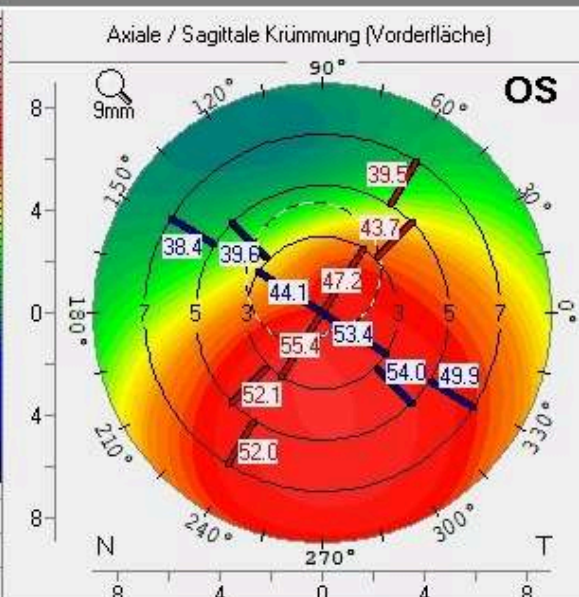
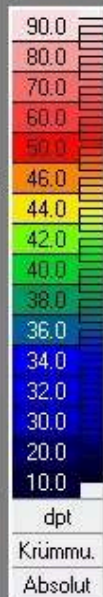
**Cornea Rückfläche**

Rh:	5.42 mm	K1:	-7.4 dpt
Rv:	4.99 mm	K2:	-8.0 dpt
Rm:	5.20 mm	Km:	-7.7 dpt
QS:	OK	Ach. (fl.):	155.0°
exz: (8mm)	1.10	Rper:	6.72 mm
		Rmin:	4.21 mm
		Asti:	0.6 dpt

	Pachy:	x[mm]	y[mm]
Pupillenzentrum:	+ 491 µm	-0.23	+0.86
Pachy Vertex N.:	458 µm	0.00	0.00
Dünnste Stelle:	449 µm	+0.43	-0.43
K Max (Vorderfl.):	56.8 dpt	-0.14	-1.35

Cornea Volumen:	59.8 mm <sup>3</sup>	HWTW:	12.3 mm
Kammervolumen:	219 mm <sup>3</sup>	Winkel:	37.8°
VK Tiefe (Int.):	3.67 mm	Pupille:	2.69 mm
Eing. IOD	IOD(Sum)+3.7 mmHg	Linsendi.:	
Aximale Länge:		SNR(Ax.L.):	

Refraktiv



Name: Güllü  
 Vorname: Adem  
 ID: 70780  
 Geb. Datum: 27.10.1985 Auge: Links  
 Unt. Datum: 04.02.2026 Zeit: 11:07:43  
 Unt. Info:

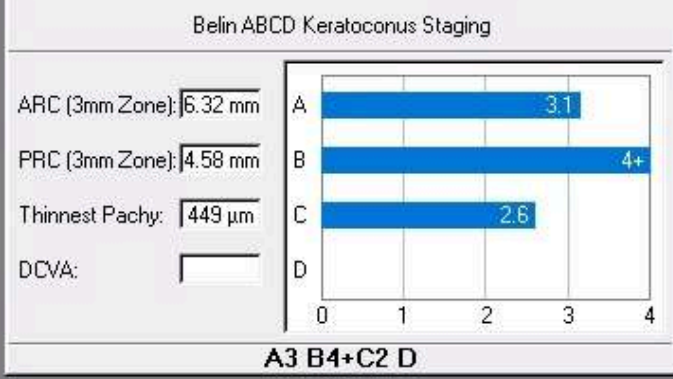
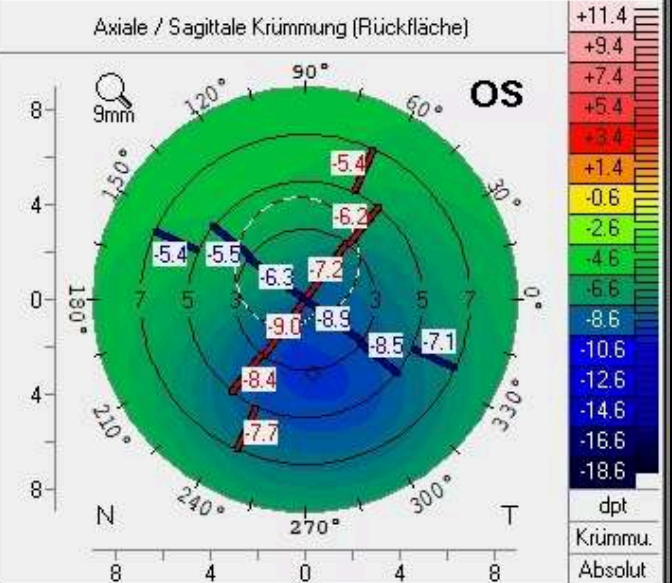
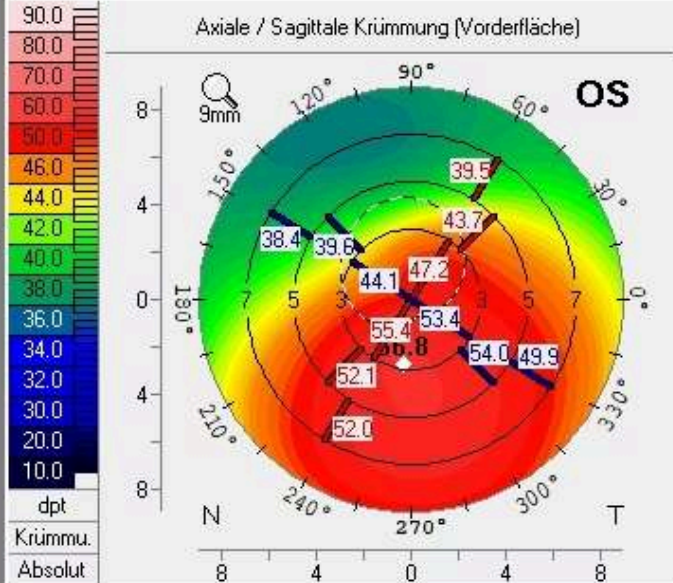
**Cornea Vorderfläche**  
 Rh: 6.98 mm K1: 48.4 dpt  
 Rv: 6.62 mm K2: 51.0 dpt  
 Rm: 6.80 mm Km: 49.7 dpt  
 QS: OK Ach. (fl.): 156.7° Asti: 2.6 dpt  
 exz: (8mm) 0.97 Rper: 7.83 mm Rmin: 5.94 mm

**Cornea Rückfläche**  
 Rh: 5.42 mm K1: -7.4 dpt  
 Rv: 4.99 mm K2: -8.0 dpt  
 Rm: 5.20 mm Km: -7.7 dpt  
 QS: OK Ach. (fl.): 155.0° Asti: 0.6 dpt  
 exz: (8mm) 1.10 Rper: 6.72 mm Rmin: 4.21 mm

**True Net Power**  
 Asti: 2.6 dpt K1: 46.8 dpt  
 Ach. (fl.): 155.5° K2: 49.4 dpt  
 P.Max: 53.8 dpt Km: 48.1 dpt

Pachy: x[mm] y[mm]  
 Pupillenzentrum: + 491 µm [-0.23 +0.86]  
 Pachy Vertex N.: - 458 µm [0.00 0.00]  
 Dünnstelle: O 449 µm [+0.43 -0.43]  
 K Max (Vorderfl.): 56.8 dpt [-0.14 -1.35]

Cornea Volumen: 59.8 mm<sup>3</sup> HWTW: 12.3 mm  
 Kammervolumen: 219 mm<sup>3</sup> Winkel: 37.8°  
 VK Tiefe (Int.): 3.67 mm Pupille: 2.69 mm  
 IOD(Sum): +3.7 mmHg Linsendi.:  
 Axiale Länge: SNR(Ax.L.)

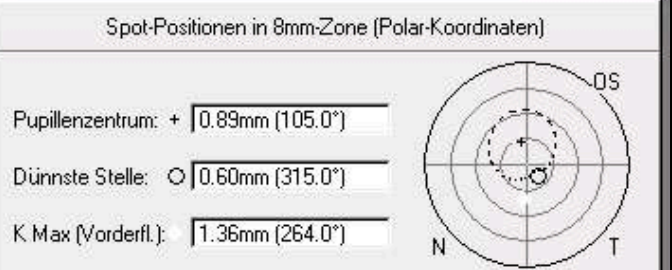
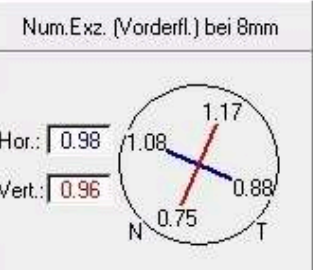


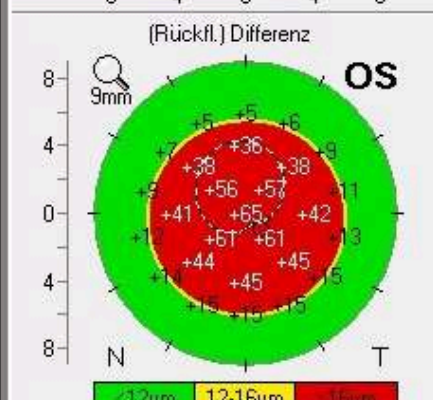
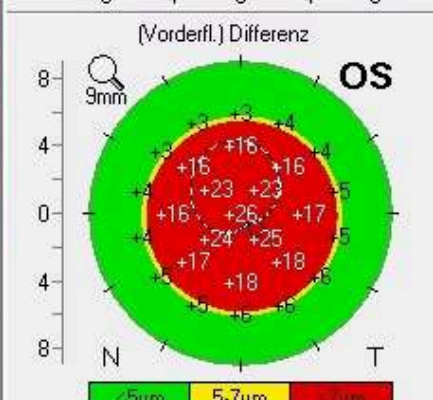
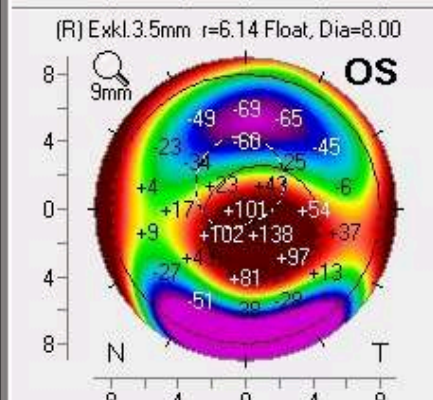
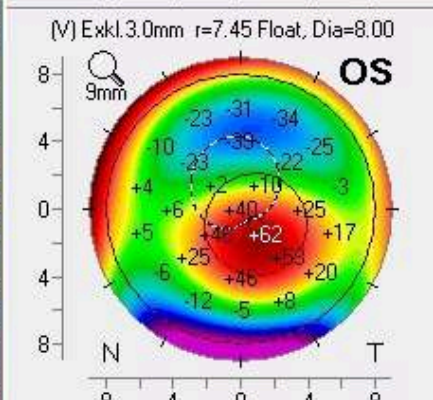
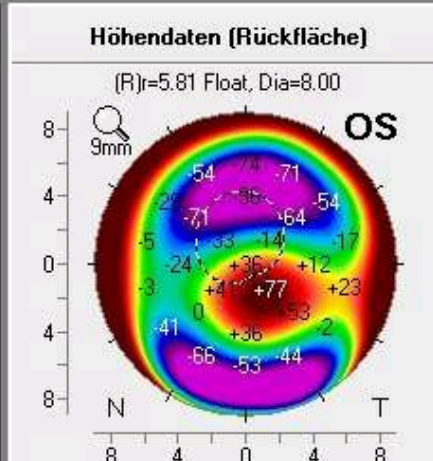
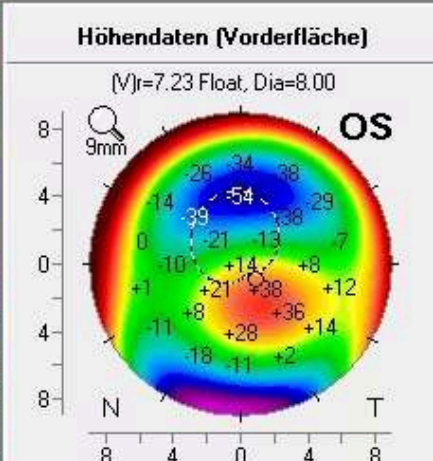
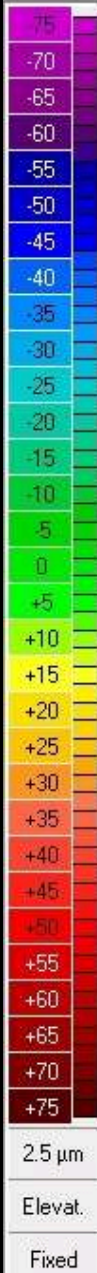
Numerische Exz. (Vorderfl.) der Hauptmeridiane

(exz)	Periphere mm-Ringe (Durchmesser)					Vorderfläche: <input checked="" type="radio"/> Numerische E <input type="radio"/> Axiale/Sag. K
	6mm	7mm	8mm	9mm	10mm	
Nas	1.31	1.19	1.08	0.98	0.90	Rückfläche: <input type="radio"/> Numerische E <input type="radio"/> Axiale/Sag. K
Temp	0.78	0.84	0.88	0.91	0.94	
Inf	0.64	0.68	0.75	0.85	0.98	
Sup	1.52	1.35	1.17	1.02	0.89	
Mittelw.	1.06	1.01	0.97	0.94	0.93	

Indizes (in 8mm-Zone)

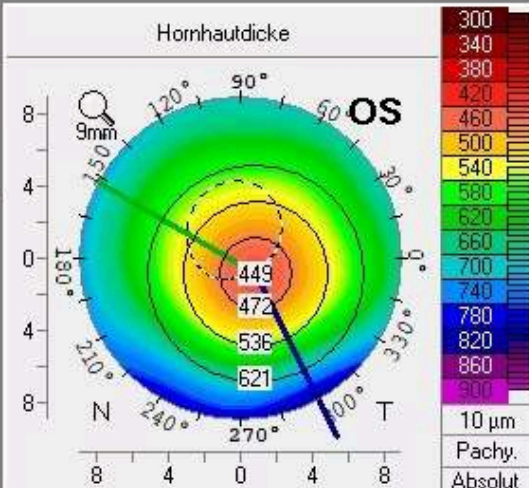
ISV: 134 IHA: 55.3  
 IVA: 1.60 IHD: 0.209  
 KI: 1.47 RMin: 5.94  
 CKI: 1.08 TKC: KK 3.4  
 KISA: 3247.459 IS: 12.83



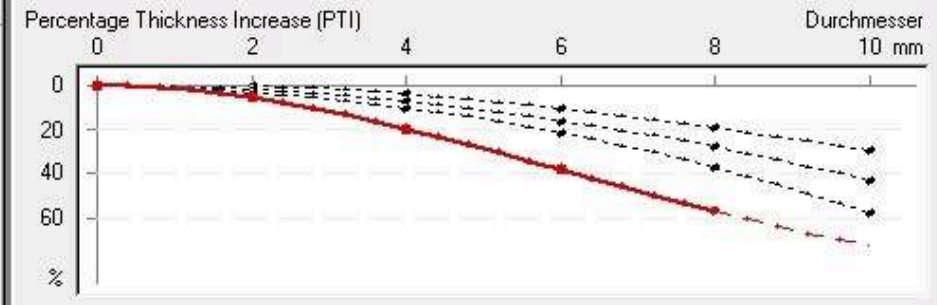
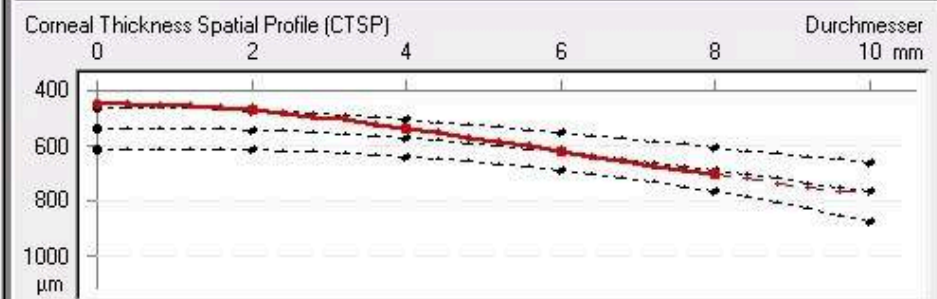


Name: Güllü  
 Vorname: Adem  
 ID: 70780  
 Geb. Datum: 27.10.1985 Auge: Links  
 Unt. Datum: 04.02.2026 Zeit: 11:07:43  
 Unt. Info:

Rh:	6.98mm	Arch.:	156.7°
Rv:	6.62mm	exz.:	0.97
KMax:	56.8dpt	(8mm) QS:	OK
Pachy dünnste Stelle:	○	449µm	
Dist. Vertex N.-Thin.Loc.:	IT	0.60mm	
F.Ele.Th:	31µm	B.Ele.Th:	67µm
Progressions-Index:			
Min:	2.27	Max:	3.39
Mittel:	2.56	ARTmax:	132



Auf konzentrischen Ringen um die dünnste Stelle gemittelte Hornhautdickenwerte



Referenz Datenbank:  Myop/Normal  Hyperop/Mixed Zyl.  Literatur

Df: 16.07 Db: 15.00 Dp: 11.19 Dt: 3.06 Da: 3.25 D: 11.66

# Кератоконус или ПМД?

«Что это: кератоконус или пеллюцидная маргинальная дегенерация (ПМД)?»

Параметр	Этот результат
Крутизна	Нижне-периферическая
Рисунок	«Целующиеся птицы» / Бабочка
Локализация Kmax	Периферическая нижняя
Пахиметрия в тонкой зоне	Периферия, не центр


А) Кератоконус — нижняя крутизна

В) ПМД — периферический рисунок «бабочки»

С) Неясно — нужны дополнительные обследования


Rechts  
08:19:26

**Cornea Vorderfläche**



Rh:	6.97 mm	K2:	48.4 dpt
Rv:	7.71 mm	K1:	43.8 dpt
Rm:	7.34 mm	Km:	46.0 dpt
QS:	OK	Ach. (fl.):	79.4°
exz: (8mm)	0.11	Rper:	7.38 mm
		Rmin:	6.70 mm
		Asti:	4.6 dpt

**Cornea Rückfläche**

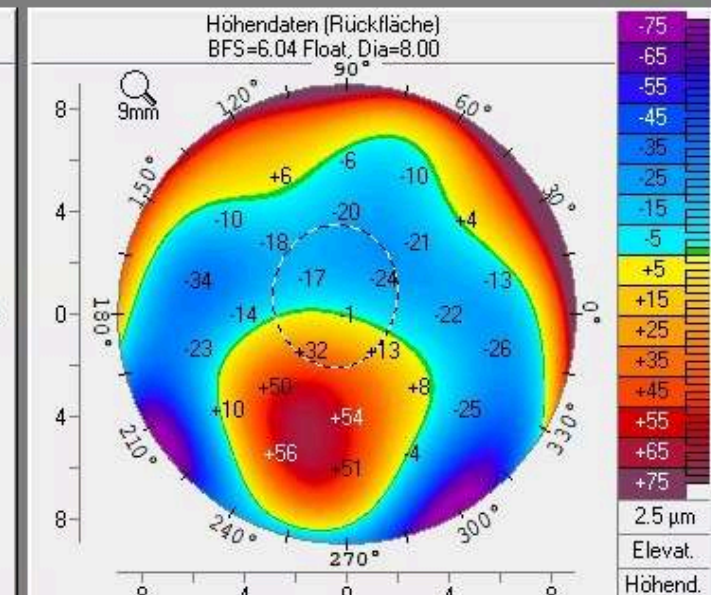
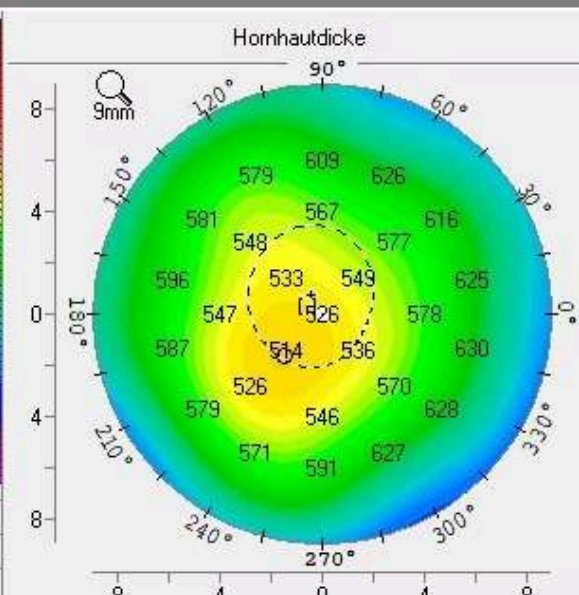
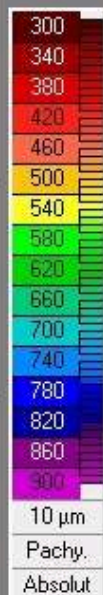
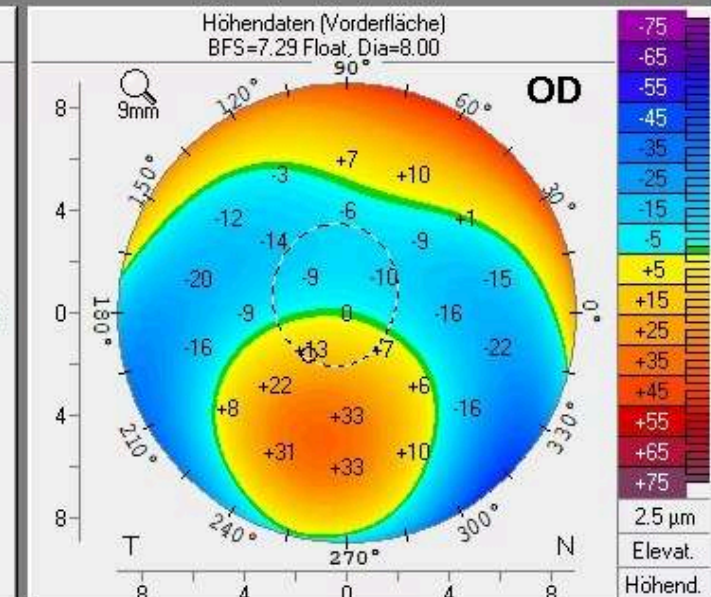
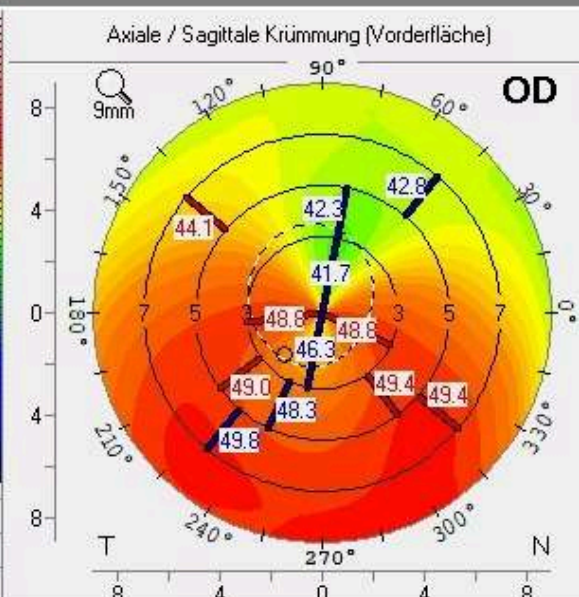
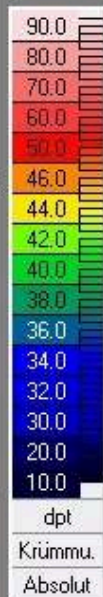


Rh:	5.72 mm	K2:	-7.0 dpt
Rv:	6.48 mm	K1:	-6.2 dpt
Rm:	6.10 mm	Km:	-6.6 dpt
QS:	OK	Ach. (fl.):	75.1°
exz: (8mm)	0.20	Rper:	6.27 mm
		Rmin:	5.29 mm
		Asti:	0.8 dpt

Pupillenzentrum:	+	Pachy:	529 µm	x[mm]:	-0.23	y[mm]:	+0.35
Pachy Vertex N.:	·		526 µm		0.00		0.00
Dünnste Stelle:	○		514 µm		-0.74		-0.81
K Max (Vorderfl.):			50.4 dpt		+1.35		-4.25

Cornea Volumen:	60.1 mm <sup>3</sup>	HWTW:	11.7 mm
Kammervolumen:	166 mm <sup>3</sup>	Winkel:	35.3°
VK Tiefe (Int.):	3.27 mm	Pupille:	2.61 mm
Eing. IOD	IOD(Sum) +1.0 mmHg	Linsendi.:	
Aximale Länge:		SNR(Ax.L.):	

Refraktiv



Name: Midik  
 Vorname: Gülhan  
 ID: 70987  
 Geb. Datum: 18.05.1985 Auge: Rechts  
 Unt. Datum: 10.03.2026 Zeit: 08:19:26  
 Unt. Info:

**Cornea Vorderfläche**

Rh: 6.97 mm K2: 48.4 dpt  
 Rv: 7.71 mm K1: 43.8 dpt  
 Rm: 7.34 mm Km: 46.0 dpt  
 QS: OK Ach. (fl.): 79.4° Asti: 4.6 dpt  
 exz: (8mm) 0.11 Rper: 7.38 mm Rmin: 6.70 mm

**Cornea Rückfläche**

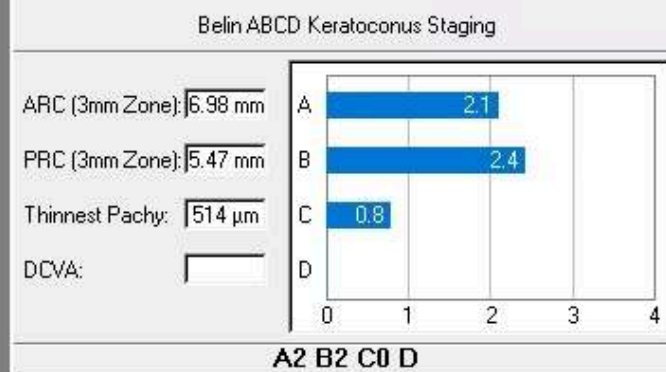
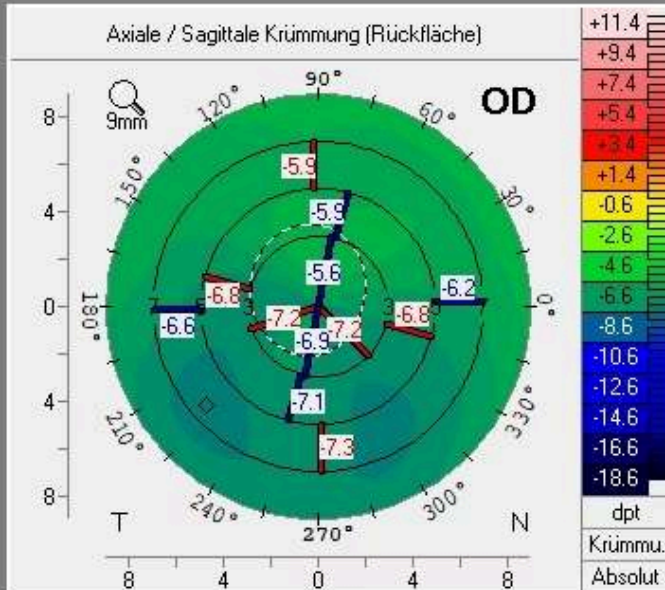
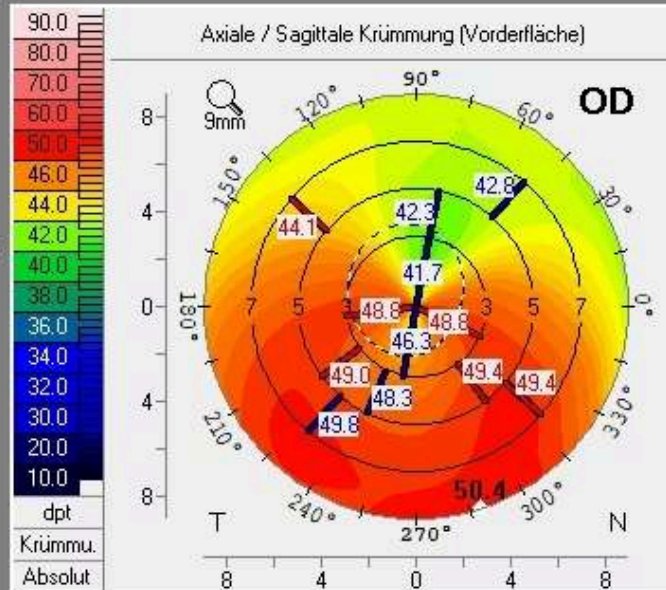
Rh: 5.72 mm K2: -7.0 dpt  
 Rv: 6.48 mm K1: -6.2 dpt  
 Rm: 6.10 mm Km: -6.6 dpt  
 QS: OK Ach. (fl.): 75.1° Asti: 0.8 dpt  
 exz: (8mm) 0.20 Rper: 6.27 mm Rmin: 5.29 mm

**True Net Power**

Asti: 4.4 dpt K2: 47.0 dpt  
 Ach. (fl.): 79.7° K1: 42.6 dpt  
 P.Max: 48.6 dpt Km: 44.8 dpt

Pachy: x[mm] y[mm]  
 Pupillenzentrum: + 529 µm [-0.23] [+0.35]  
 Pachy Vertex N.: · 526 µm [0.00] [0.00]  
 Dünnst Stelle: ○ 514 µm [-0.74] [-0.81]  
 K Max (Vorderfl.): · 50.4 dpt [+1.35] [-4.25]

Cornea Volumen: 60.1 mm<sup>3</sup> HWTW: 11.7 mm  
 Kammervolumen: 166 mm<sup>3</sup> Winkel: 35.3°  
 VK Tiefe (Int.): 3.27 mm Pupille: 2.61 mm  
 IOD(Sum): +1.0 mmHg Linsendi.:  
 Axiale Länge: SNR(Ax.L.):

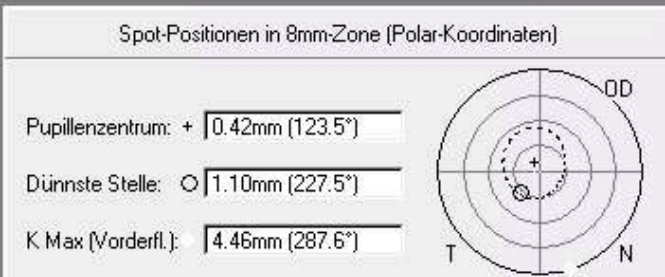
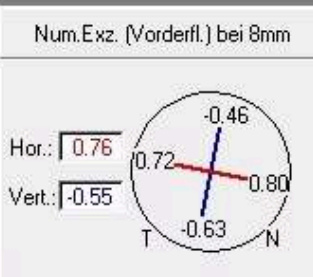


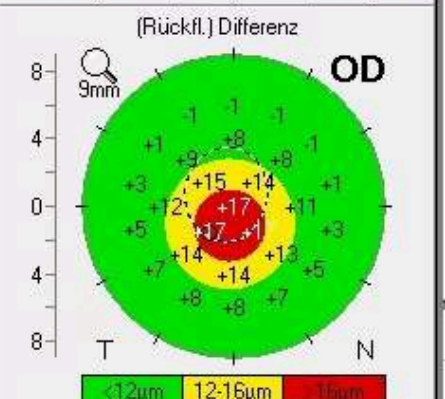
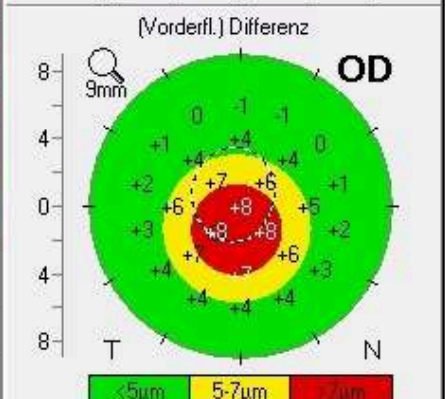
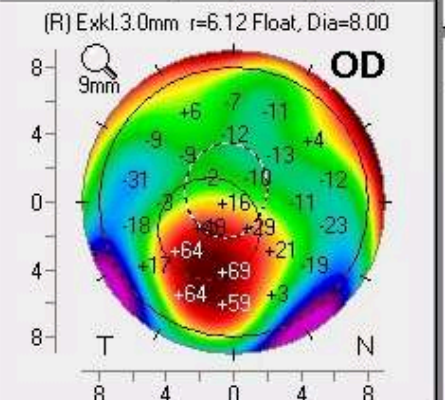
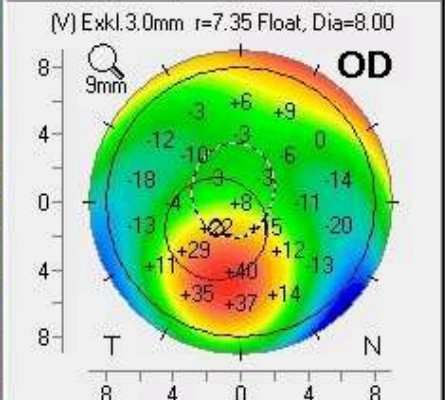
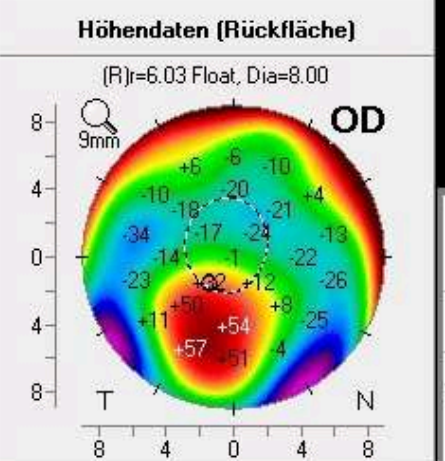
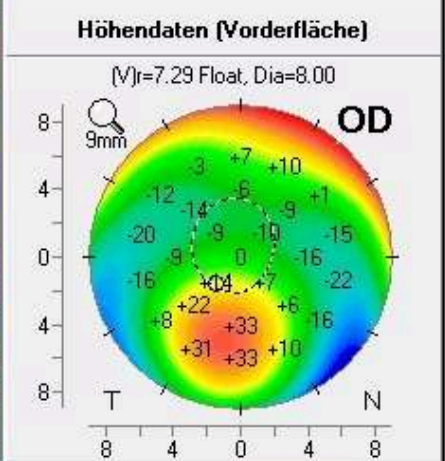
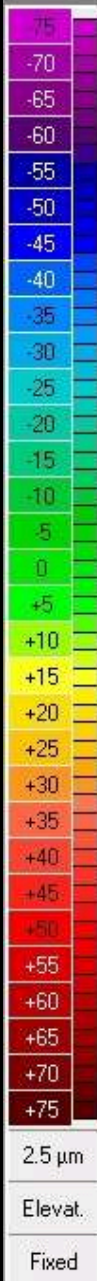
Numerische Exz. (Vorderfl.) der Hauptmeridiane

(exz)	Periphere mm-Ringe (Durchmesser)					Vorderfläche: <input checked="" type="radio"/> Numerische E <input type="radio"/> Axiale/Sag. K
	6mm	7mm	8mm	9mm	10mm	
Nas	0.72	0.76	0.80	0.85	0.88	Rückfläche: <input type="radio"/> Numerische E <input type="radio"/> Axiale/Sag. K
Temp	0.71	0.71	0.72	0.74	0.76	
Inf	-0.81	-0.72	-0.63	-0.49	0.33	
Sup	-0.57	-0.51	-0.46	-0.40	-0.22	
Mittelw.	0.01	0.06	0.11	0.17	0.44	

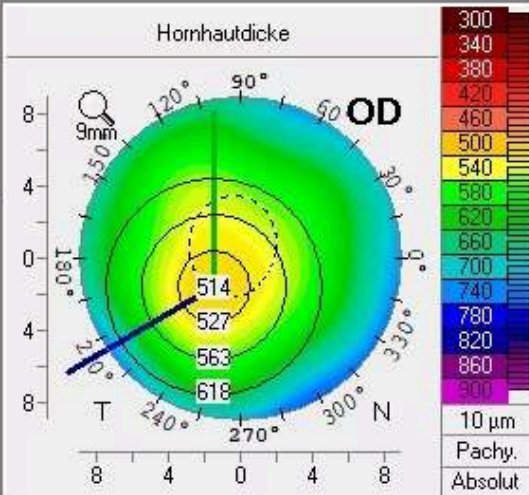
Indizes (in 8mm-Zone)

ISV: 57 IHA: 4.5  
 IVA: 0.71 IHD: 0.074  
 KI: 1.13 RMin: 6.70  
 CKI: 0.99 TKC: KK 1-2  
 KISA: 537.393 IS: 5.65

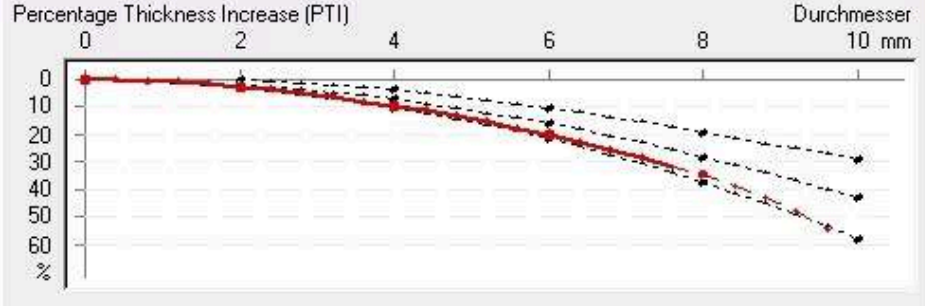
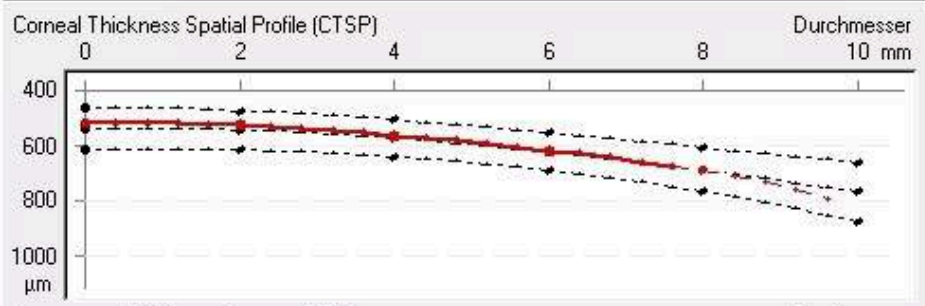




Rv:	7.71mm	Arch.:	79.4°
Rh:	6.97mm	exz.:	0.11
KMax:	50.4dpt	(8mm) QS:	OK
Pachy dünnste Stelle:	○ 514μm		
Dist. Vertex N.-Thin.Loc.:	IT 1.10mm		
F.Ele.Th:	16μm	B.Ele.Th:	36μm
Progressions-Index:			
Min:	0.87	Max:	1.87
Mittel:	1.32	ARTmax:	276



Auf konzentrischen Ringen um die dünnste Stelle gemittelte Hornhautdickenwerte



Referenz Datenbank:  Myop/Normal  Hyperop/Mixed Zyl.  Literatur

Df:	3.74	Db:	2.99	Dp:	2.81	Dt:	0.71	Da:	1.94	D:	4.50
-----	------	-----	------	-----	------	-----	------	-----	------	----	------

# Кератоконус или эктазия после LASIK?

«Что это: кератоконус или кератэктазия после LASIK?»

Параметр	Результат
Анамнез	LASIK 3 года назад
Kmax	47,4 дптр
Задняя элевация	+61 мкм
Остаточная пахиметрия	421 мкм

А) Первичный кератоконус – присутствовал до операции

В) Эктазия после LASIK – ятрогенная, из-за абляции

С) Невозможно различить – клинически неважно

Links  
14:51:52

**Cornea Vorderfläche**

Rh:	7.71 mm	K2:	43.8 dpt	
Rv:	8.05 mm	K1:	41.9 dpt	
Rm:	7.88 mm	Km:	42.8 dpt	
QS: <input type="checkbox"/> OK	Ach. (fl.):	78.6°	Asti:	1.9 dpt
exz: (8mm)	Rper:	7.85 mm	Rmin:	7.12 mm

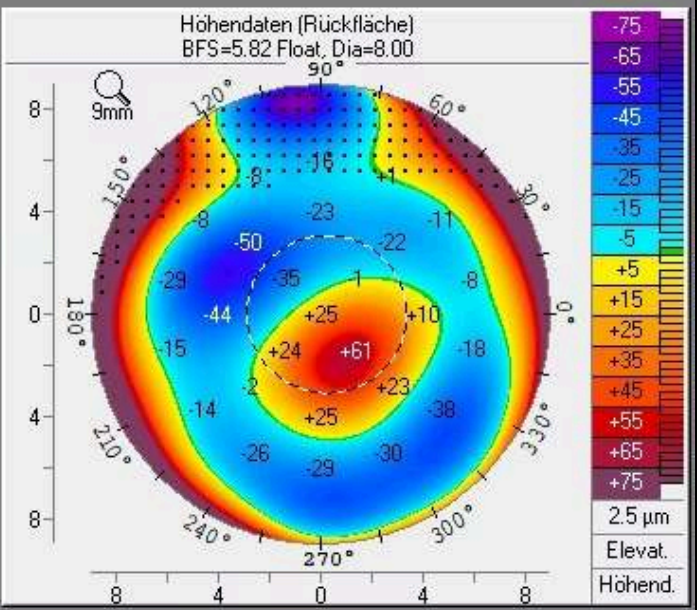
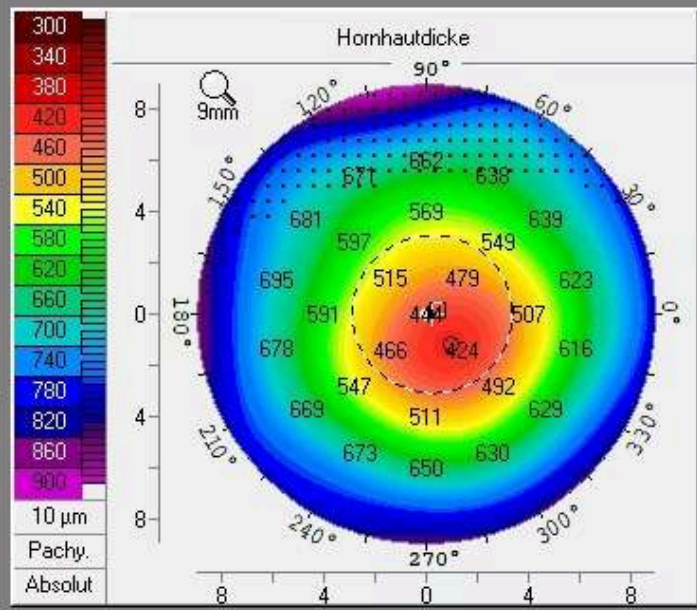
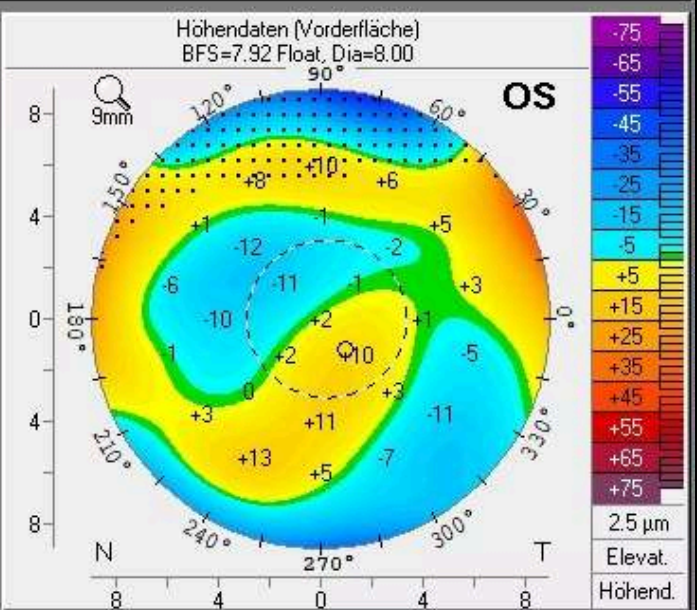
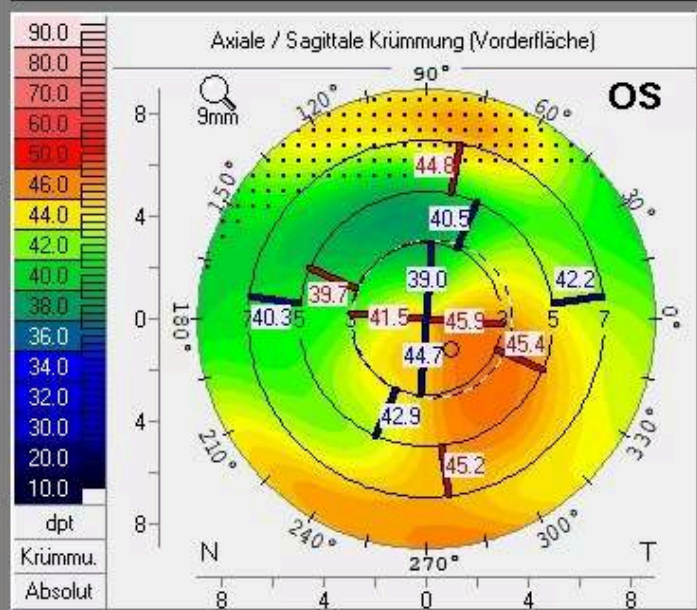
**Cornea Rückfläche**

Rh:	5.32 mm	K2:	-7.5 dpt	
Rv:	5.83 mm	K1:	-6.9 dpt	
Rm:	5.57 mm	Km:	-7.2 dpt	
QS: <input type="checkbox"/> OK	Ach. (fl.):	91.4°	Asti:	0.7 dpt
exz: (8mm)	Rper:	6.19 mm	Rmin:	4.28 mm

Pupillenzentrum:	+	Pachy:	441 µm	x[mm]	+0.12	y[mm]	0.00
Pachy Vertex N.:	·	Pachy:	444 µm	x[mm]	0.00	y[mm]	0.00
Dünnste Stelle:	○	Pachy:	421 µm	x[mm]	+0.47	y[mm]	-0.60
K Max (Vorderfl.):		Pachy:	47.4 dpt	x[mm]	+1.14	y[mm]	-0.87

Cornea Volumen:	64.4 mm <sup>3</sup>	HWTW:	11.4 mm
Kammervolumen:	103 mm <sup>3</sup>	Winkel:	17.4°
VK Tiefe (Int.):	2.59 mm	Pupille:	3.11 mm
Eing. IOD	IOD(Sum) +4.2 mmHg	Linsendi.:	
Aximale Länge:		SNR(Ax.L.):	

Refraktiv



Name:   
 Vorname:   
 ID:   
 Geb. Datum:  Auge:   
 Unt. Datum:  Zeit:   
 Unt. Info:

**Cornea Vorderfläche**

Rh:  K2:   
 Rv:  K1:   
 Rm:  Km:   
 QS:  Ach. (fl.):  Asti:   
 exz: (8mm)  Rper:  Rmin:

**Cornea Rückfläche**

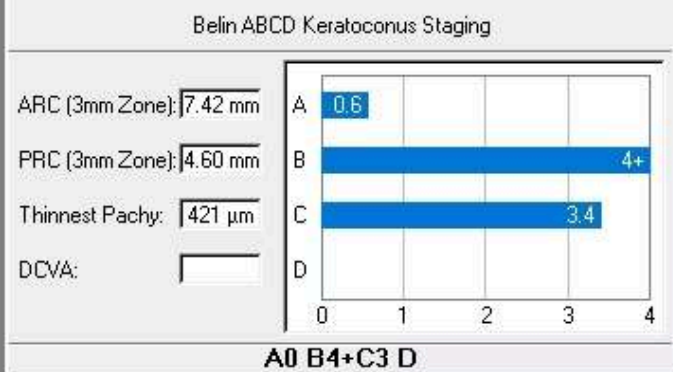
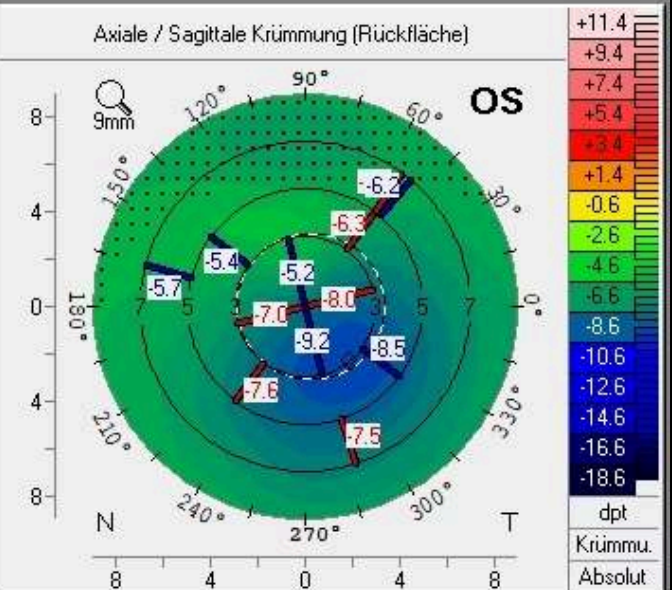
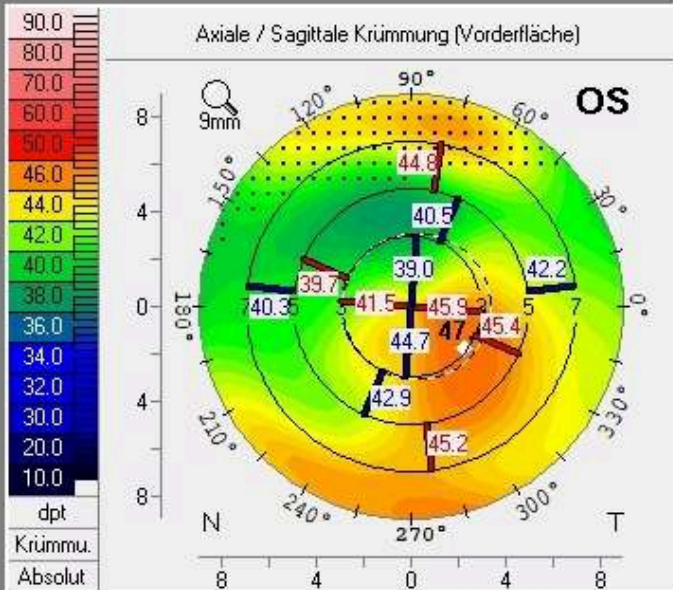
Rh:  K2:   
 Rv:  K1:   
 Rm:  Km:   
 QS:  Ach. (fl.):  Asti:   
 exz: (8mm)  Rper:  Rmin:

**True Net Power**

Asti:  K2:   
 Ach. (fl.):  K1:   
 P.Max:  Km:

Pachy:   
 Pupillenzentrum: +     
 Pachy Vertex N.: ·     
 Dünnstelle: ○     
 K Max (Vorderfl.): ·

Cornea Volumen:  HWTW:   
 Kammervolumen:  Winkel:   
 VK Tiefe (Int.):  Pupille:   
 IOD(Sum):  Linsendi.:   
 Axiale Länge:  SNR(Ax.L.):

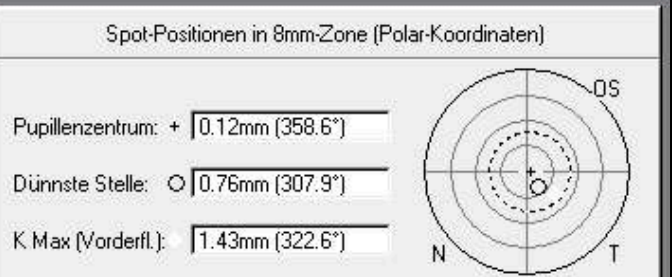
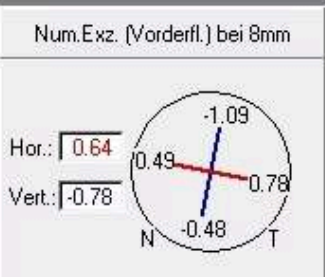


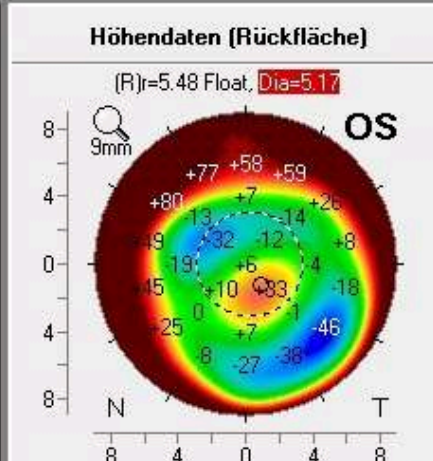
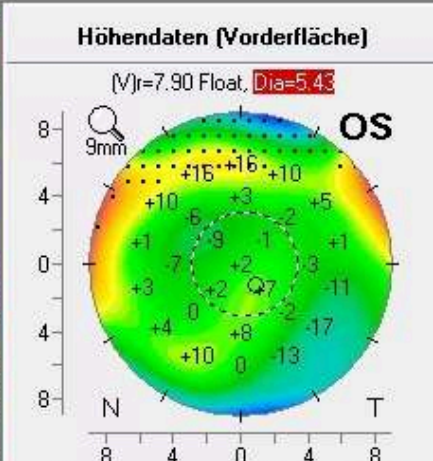
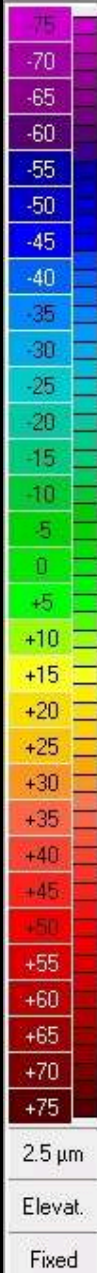
Numerische Exz. (Vorderfl.) der Hauptmeridiane

(exz)	Periphere mm-Ringe (Durchmesser)					Vorderfläche: <input checked="" type="radio"/> Numerische E <input type="radio"/> Axiale/Sag. K
	6mm	7mm	8mm	9mm	10mm	
Nas	0.56	0.50	0.49	0.52	0.56	Rückfläche: <input type="radio"/> Numerische E <input type="radio"/> Axiale/Sag. K
Temp	0.92	0.85	0.78	0.73	0.71	
Inf	-0.40	-0.51	-0.48	-0.26	0.49	
Sup	-1.37	-1.29	-1.09	-0.73	0.32	
Mittelw.	-0.07	-0.11	-0.08	0.07	0.52	

Indizes (in 8mm-Zone)

ISV:  IHA:   
 IVA:  IHD:   
 KI:  RMin:   
 CKI:  TKC:   
 KISA:  IS:



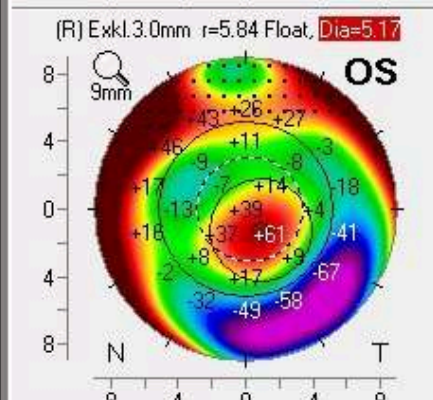
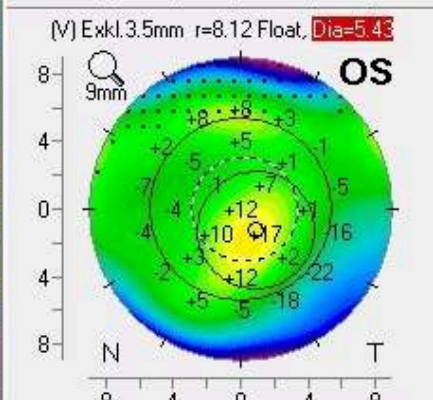
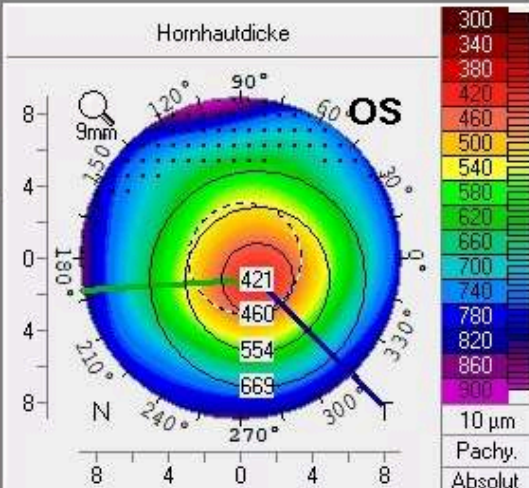


Name: Queisser  
 Vorname: Sabine  
 ID: 69498  
 Geb. Datum: 10.12.1968 Auge: Links  
 Unt. Datum: 27.10.2025 Zeit: 14:51:52  
 Unt. Info:

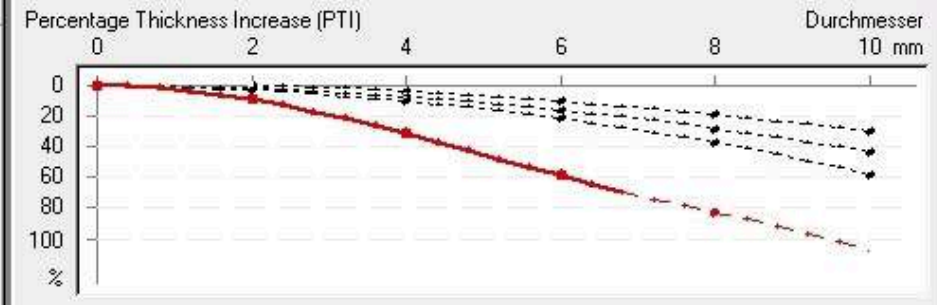
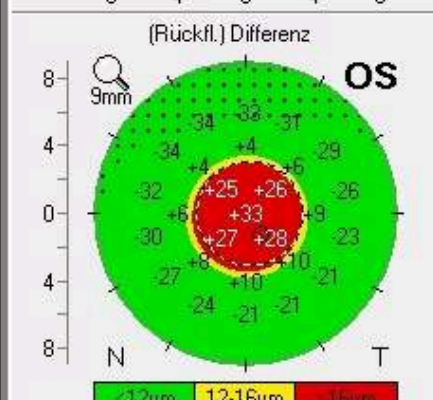
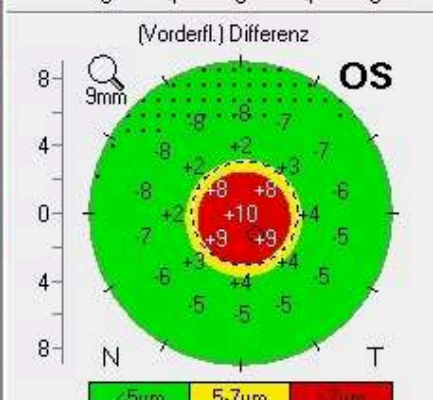
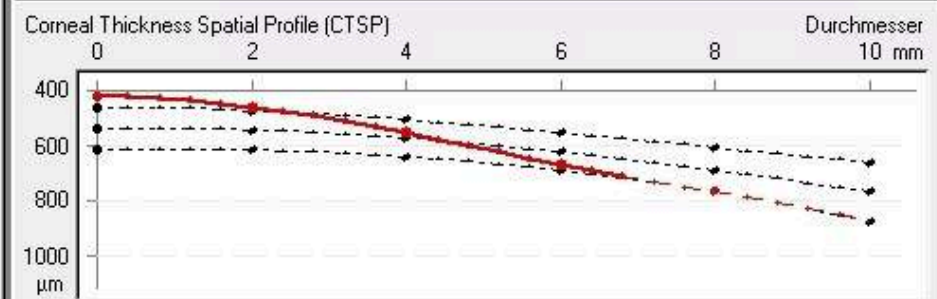
Rv: 8.05mm Achz: 78.6°  
 Rh: 7.71mm exz: -0.08  
 KMax: 47.4dpt QS: OK

Pachy dünnste Stelle: 421µm  
 Dist. Vertex N.-Thin.Loc.: IT 0.76mm  
 F.Ele.Th: 8µm B.Ele.Th: 33µm

Progressions-Index:  
 Min: 3.98 Max: 5.79  
 Mittel: 4.35 ARTmax: 73



Auf konzentrischen Ringen um die dünnste Stelle gemittelte Hornhautdickenwerte



Referenz Datenbank:  Myop/Normal  Hyperop/Mixed Zyl.  Literatur

Df: 5.29 Db: 6.80 Dp: 23.30 Dt: 4.27 Da: 3.79 D: 9.36

# Эктазия после LASIK – Клинические признаки



**Анамнез:** Дата операции LASIK, предоперационная пахиметрия, толщина остаточного стромального ложа (RST).  
Внимание: RST < 250  $\mu\text{m}$  является главным фактором риска.



**Топографический паттерн:**  
Центральное или нижнее выпячивание, как при кератоконусе. Анамнез здесь имеет решающее значение.




**Время появления:** Обычно в течение 1–3 лет после LASIK; случаи через 5 лет встречаются редко.



**Факторы риска:** Подозрение на кератоконус перед операцией, тонкая роговица, высокая миопия и молодой возраст.



**Терапия:** Возможен кросслинкинг (CXL), но данные о его эффективности слабее, чем при первичном кератоконусе. Альтернатива — контактные линзы, реже — кератопластика.

 **Профилактика:** Эктазию после LASIK можно предотвратить. Предоперационная томография обязательна перед любой рефракционной операцией.

# Дифференциальная диагностика – Основные выводы

## Локализация выпячивания

Важно для диагностики: центральные паттерны характерны для кератоконуса, периферическое истончение — для ПМД.

## Дифференциация ПМД

Периферическое истончение снизу + паттерн «бабочки» = ПМД; центральное выпячивание указывает на кератоконус.

## Пост-LASIK эктазия

Анамнез — самый важный признак; предотвращается обязательной предоперационной томографией.

## Forme Fruste кератоконус

Изменения на топографии/томографии без клинических симптомов; абсолютное противопоказание к LASIK.

## Лечение эктазии

При признаках прогрессирования: ранняя оценка возможности кросслинкинга (CXL) для стабилизации.

ГЛАВА

# 09

## Классификация

Система Amsler-Krumeich, система ABCD и клинические стадии

# Сравнение систем классификации

Критерий	Amsler-Krumeich (1996)	Классификация ABCD (Belin 2015)	Клиническая рекомендация
Основа	Kmax + Пахиметрия + Рубцы	A (передний радиус), B (задняя элевация), C (толщина роговицы), D (острота зрения)	—
Стадии	I–IV	0–4 по каждому параметру	—
Преимущества	Простота, широкое применение, удобство общения	Объективность, воспроизводимость, данные из Pentacam, лучше коррелирует с функцией	—
Недостатки	Нет задней поверхности, нет биомеханики, нет скорости прогрессирования	Сложнее, менее интуитивно	—
Когда использовать?	Общение с пациентами и коллегами	Первичная диагностика, наблюдение, планирование лечения	Знать обе системы

## Amsler-Krumeich – Краткий справочник


Стадия	Kmax	Пахиметрия	Особенности
I	< 48 dpt	> 500 $\mu\text{m}$	Без рубцов, легкий иррегулярный астигматизм
II	48–53 dpt	400–500 $\mu\text{m}$	Без рубцов
III	53–55 dpt	300–400 $\mu\text{m}$	Без рубцов, часто нужны контактные линзы
IV	> 55 dpt	< 200 $\mu\text{m}$	Возможны рубцы, кандидат на кератопластику

**Клиническая рекомендация:** ABCD — для первичной диагностики и документирования динамики, Amsler-Krumeich — для общения с пациентами и коллегами. Знать обе системы.

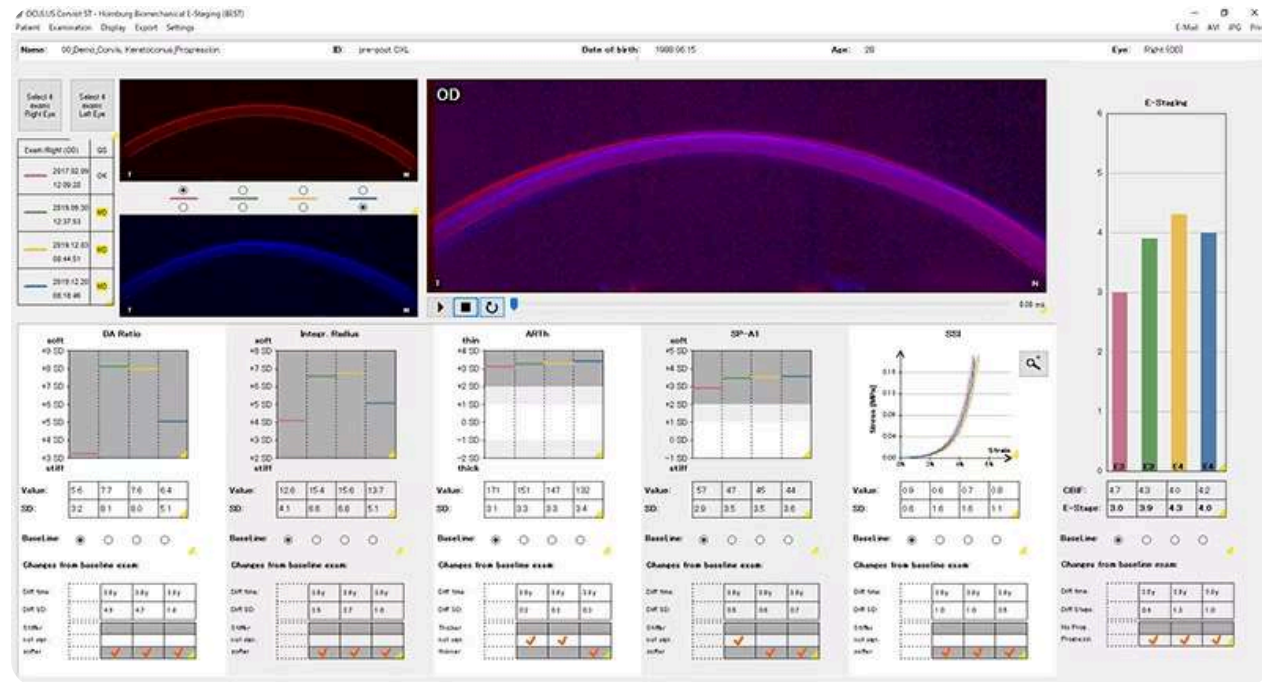
# Классификация ABCD – Клинический пример 1

Классификация ABCD по Belin/Ambrósio позволяет проводить стандартизированную оценку стадии кератоконуса на основе объективных параметров Pentacam.

Параметр	Значение	Стадия
A – Передняя кривизна (Kmax)	52,3 dpt	A3
B – Задняя элевация	+28 $\mu\text{m}$	B2
C – Минимальная пахиметрия	448 $\mu\text{m}$	C3
D – Острота зрения с коррекцией	0,4	D2

 **Общая оценка:** ABCD A3/B2/C3/D2 → Кератоконус прогрессирующей стадии – проверить показания к кросслинкингу.

# Е-стадирование по Corvis ST



Е-стадирование дополняет классификацию ABCD важным биомеханическим параметром с помощью Corvis ST:

- **Е-классификация:** E0 (нормальная биомеханика), E1 (пограничная), E2 (патологическая).
- **Важные параметры:** Stiffness Parameter A1 (SP-A1) и Deformation Amplitude Ratio (DA-Ratio).
- **Пороговые значения:** SP-A1 < 75 (патология); DA-Ratio > 7,0 (патология).
- **Клиническое значение:** Позволяет выявить ранние формы, незаметные при обычной топографии, через биомеханический анализ.
- **Диагностика:** Сочетание ABCD + E дает максимальную точность для надежной ранней диагностики.

**Клинический совет:** Биомеханические измерения особенно ценны при пограничных данных топографии для обнаружения «*forme fruste*» кератоконуса.

# Классификация на практике – ваш опыт?

"Какую классификацию вы используете в своей практике и почему?"

## Amsler-Krumeich

Простая, известная, удобна для общения в клинической практике

## ABCD-система

Современная, комплексная, гораздо лучше для точного наблюдения за динамикой

## E-Staging

Биомеханическая, дополняющая, необходима для оценки пограничных случаев

# Классификация – главные мысли

## Amsler-Krumeich (I–IV)

Основана на Kmax и пахиметрии; дает быструю оценку для ежедневной практики.

## Система ABCD

4 независимых параметра; современный стандарт для точного наблюдения за развитием болезни.

## E-Staging

Биомеханические дополнительные параметры; важны для точной оценки сложных случаев.

## Терапевтическое окно

На стадиях III–IV проведение Crosslinking часто уже неэффективно из-за рубцовых изменений.

## Стадия против лечения

Решение о необходимости CXL зависит не только от стадии, но и от подтвержденного прогрессирования.

## Объективность через сочетание

ABCD + E-Staging — самый объективный метод, основанный на данных Pentacam и Corvis ST.

## Forme fruste кератоконус

Клинически не виден, но заметен на топографии; абсолютное противопоказание к LASIK.

ГЛАВА

# 10

## Прогрессирование

Определение, измерение и клинические последствия



# Что на самом деле означает прогрессирувание?

Прогрессирование — это динамический процесс, а не единовременное измерение.



Прогрессирование = изменение во времени, а не один показатель



Отдельные значения (Кmax, пахиметрия) сложно оценить без динамики



Важны тренды: увеличение крутизны и уменьшение толщины



Необходимо несколько измерений при схожих условиях

# Прогрессирование и показания к CXL – Клиническое решение

## Критерии прогрессирования ( $\geq 2$ из 5)

- Увеличение  $K_{\max} \geq 1,0$  дптр / 12 месяцев
- Уменьшение пахиметрии  $\geq 10$  мкм/год или  $< 400$  мкм
- Задняя элевация: увеличение  $> 2$  мкм/год
- Рефракция: миопия или астигматизм  $> 0,5$  дптр/год
- Биомеханика (Corvis ST): уменьшение SP-AI

## ✓ CXL – Лечение

- $\geq 2$  критериев соблюдены + возраст  $< 35$  лет
- Пахиметрия  $\geq 400$  мкм
- $K_{\max} < 58$  дптр, без рубцов

## ↻ Наблюдение – Контроль

- Стабильно  $\geq 12$  месяцев → контроль каждые 12 месяцев
- Пограничное состояние → контроль каждые 3–6 месяцев
- Всегда использовать один и тот же прибор

- ☐ 2 из 5 критериев = прогрессирование подтверждено → проверить показания к CXL. В случае сомнений: тщательный контроль, а не ожидание.

# Когда я выбираю кросслинking (CXL)?

Три главных вопроса — ответьте «да» на все три, если CXL показан.



## Есть ли прогрессирование?

Рост  $K_{max} \geq 1,0$  дптр/12 мес. ИЛИ истончение роговицы  $\geq 10$  мкм/год ИЛИ изменение рефракции  $\geq 0,5$  дптр/год



## Достаточна ли толщина роговицы?

Минимум:  $\geq 400$  мкм (Epi-off). Меньше 400 мкм: решаем индивидуально, возможно Epi-on или отказ от CXL



## Подходит ли возраст и стадия?

Возраст  $< 35$  лет предпочтительнее. Стадия I–III (по Amsler-Krumeich). Стадия IV: рассмотреть кератопластику

### CXL показан

- Документированное прогрессирование
- Толщина роговицы  $\geq 400$  мкм
- Стадия I–III
- Пациент информирован и соблюдает режим

### Сложные случаи / Clinical Reality

- Толщина роговицы 380–400 мкм: рассмотреть Epi-on
- Стабильное состояние  $> 35$  лет: наблюдение допустимо
- Стадия IV: направление на кератопластику
- Односторонний процесс: всегда проверять второй глаз

# Пациент 22 года: кросслинкинг – да или нет?

📄 **Клинический сценарий:** Пациент 22 года, кератоконус II стадии. К<sub>max</sub> 12 месяцев назад: 49,2 дптр, сейчас: 50,0 дптр ( $\Delta +0,8$  дптр). Самая тонкая точка: 430 мкм. Рубцов нет.

**A**

Наблюдать –  
прогрессирование не  
подтверждено

**B**

Кросслинкинг сейчас –  
прогрессирование  
подтверждено

**C**

Подобрать контактные  
линзы – кросслинкинг  
позже

**D**

Рассмотреть  
кератопластику –  
слишком поздно

# Прогрессирование – Ключевые тезисы

**Проверка показаний:** Рост  $K_{\max} \geq 1$  дптр/год — порог для проведения CXL. В пограничных случаях решение зависит от общей клинической картины.

**Сопоставимость:** Используйте один и тот же прибор. Диагноз основывается как минимум на двух последовательных измерениях.

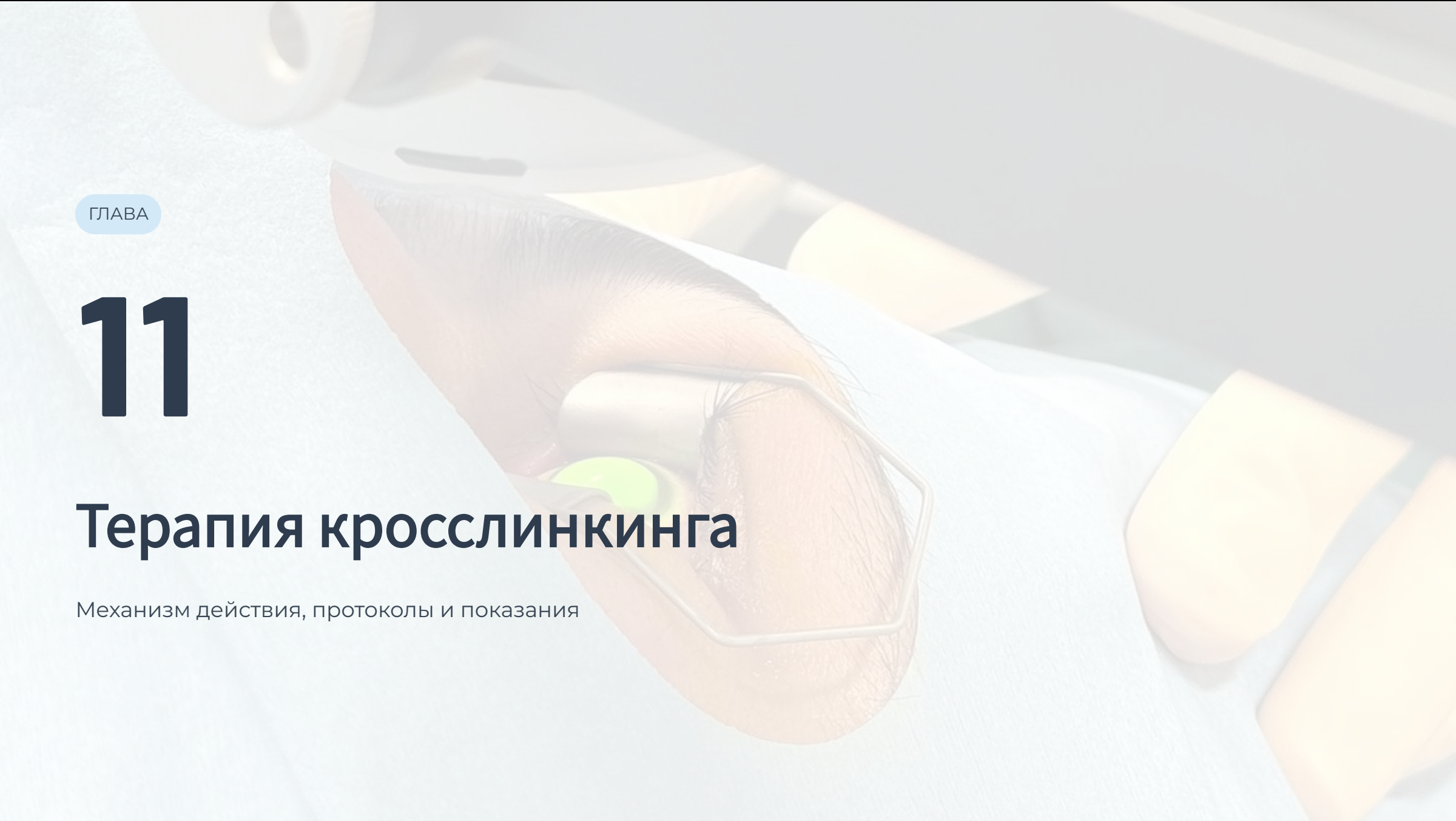
**Динамика у молодых:** У пациентов до 25 лет риск прогрессирования максимален — контроль каждые 3–6 месяцев.

**Группа высокого риска:** У молодых пациентов с атопией или привычкой тереть глаза следует рассмотреть возможность немедленного вмешательства.

**Биомеханика в приоритете:** Изменения в Corvis-ST (например, SP-A1) могут предвосхищать морфологические изменения роговицы.

**Раннее CXL:** Быстрая стабилизация биомеханики важна для долгосрочного сохранения зрительных функций.

**Консервативные меры:** Важно прекратить привычку тереть глаза — проводите разъяснительную работу при каждом осмотре.



ГЛАВА

# 11

## Терапия кросслинкинга

Механизм действия, протоколы и показания

# Механизм действия кросслинкинга

1

## Насыщение рибофлавином

Витамин В2 насыщает строму (30 мин, метод Epi-off); действует как фотосенсибилизатор.

2

## УФ-облучение (370 нм)

Активирует рибофлавин, что приводит к образованию синглетного кислорода.

3

## Образование АФК

Активные формы кислорода взаимодействуют с молекулами коллагена в строме.

4

## Ковалентные связи

Создаются новые связи между коллагеновыми волокнами и протеогликанами.

5

## Рост жесткости ↑

Увеличение прочности стромы in vitro примерно на 300–400 %.

6

## Остановка прогрессирования

Стабилизация Kmax в > 90 % случаев по Дрезденскому протоколу.

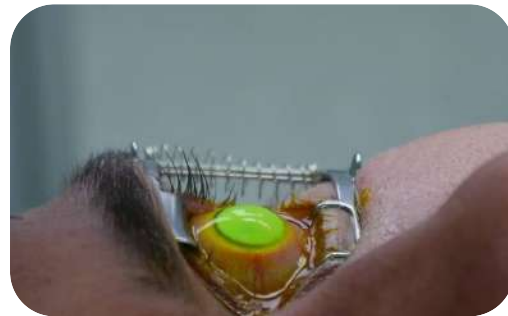
### Клиническая заметка

CXL не улучшает остроту зрения — цель состоит в стабилизации, а не в реабилитации. Улучшение зрения — это возможный побочный эффект, а не цель лечения.

# Механизм действия кросс-линкинга – Визуализация



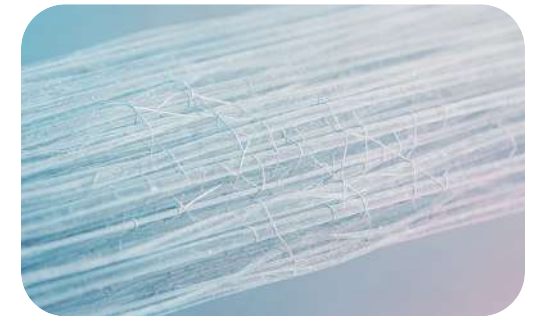
Рибофлавин (витамин В2)  
насыщает строму  
роговицы



УФ-А свет (365 нм)  
активирует рибофлавин



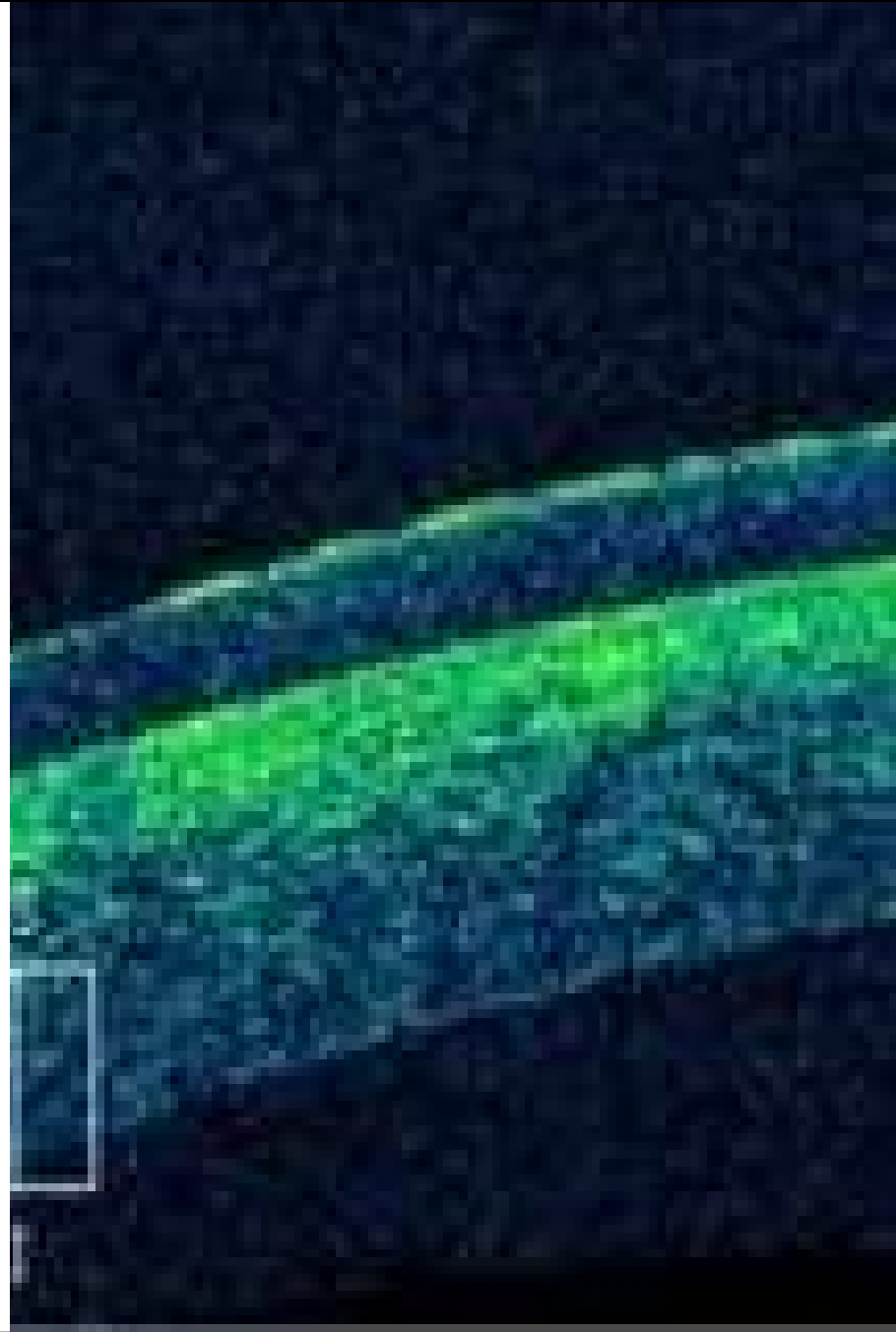
Синглетный кислород  
образует ковалентные  
поперечные связи



Коллагеновые волокна  
надежно стабилизируются

❏ Результат: Биомеханическая жесткость ↑ 300–400 % – прогрессирование остановлено

При роговичном кросс-линкинге (CXL) активированный UVA-излучением рибофлавин образует радикалы кислорода. Они создают дополнительные связи между волокнами коллагена роговицы. Благодаря этому повышается биомеханическая прочность, и прогрессирование кератоконуса останавливается.



# Дрезденский протокол vs. Акселерированный СХЛ

## Дрезденский протокол (стандарт)

- **Параметры:** 3 мВт/см<sup>2</sup>, 30 минут (общая доза: 5,4 Дж/см<sup>2</sup>)
- **Доказательная база:** «Золотой стандарт», лучшие данные за долгий срок (> 15 лет)
- **Линия демаркации:** Глубокая (> 300 мкм) — показывает эффективную глубину воздействия
- **Показания:** Стандартные случаи, молодые пациенты, когда важна максимальная эффективность
- **Ограничения:** 30 минут лечения, меньше комфорта для пациента

## Акселерированный СХЛ

- **Параметры:** 9–45 мВт/см<sup>2</sup>, 3–10 минут (та же общая доза 5,4 Дж/см<sup>2</sup>)
- **Доказательная база:** Эквивалентны в краткосрочной перспективе, долгосрочных данных пока мало
- **Линия демаркации:** Более поверхностная — возможно, снижена эффективность
- **Показания:** Упор на комфорт пациента, дети, тонкая роговица (< 400 мкм)
- **Примечание:** Высокая интенсивность при той же дозе дает меньшую глубину воздействия

❏ **Закон Бунзена-Роско:** Одинаковая доза ≠ такой же эффект при более высокой интенсивности.

**Золотое правило:** Дрезденский протокол, если возможно — акселерированный, если необходимо.

# Ускоренный CXL – равноценен ли он?

«Является ли ускоренный CXL биомеханически эквивалентным протоколу Dresden?»

Закон Бунзена-Роско: та же доза, но диффузия кислорода ограничивает эффективность в биологической ткани.

Клинические исследования: похожие результаты, но зачастую более короткий срок наблюдения, чем у золотого стандарта.

Практика: ускоренный метод для удобства пациента, Dresden — для максимальной биомеханической надежности.

# Лазерный кросслинкинг



Эксимерный лазер точно и равномерно удаляет эпителий.



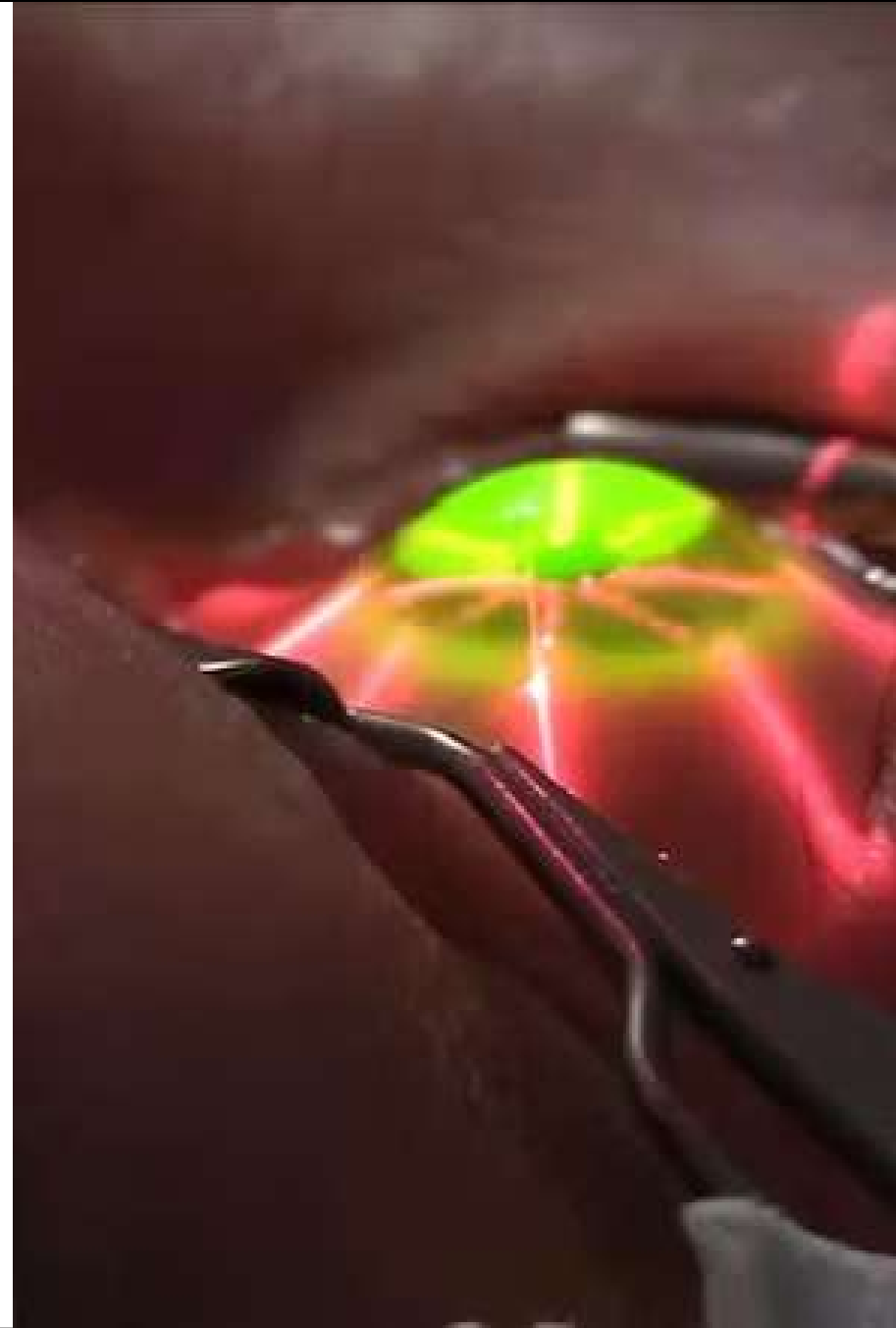
Стандартизированная процедура, не зависящая от навыков хирурга.



Лучшее проникновение рибофлавина за счет равномерной абляции.



Возможно сочетание с топографически ориентированной абляцией (SmartLink).



# Преимущества лазерного CXL



## Стандартизация

Воспроизводимое  
удаление эпителия



## Проникновение

Равномерное  
распределение  
рибофлавина



## Комбинация

Возможно сочетание с  
топографическим  
контролем и CXL



## Безопасность

Меньше повреждений  
эпителия, быстрое  
заживление

# Трансэпителиальный CXL (Epi-on) – преимущества и недостатки

## Преимущества Epi-on

- Нет повреждения эпителия — нет боли после операции, не нужна линза
- Проходит быстро, короткий период восстановления — удобно для пациента
- Меньше риск инфекции (эпителий остается целым)

## Недостатки Epi-on

- Эпителий мешает проникновению рибофлавина — концентрация в строме ниже
- Линия демаркации выражена слабее или отсутствует — глубина лечения меньше
- Данных меньше, чем у Epi-off; риск прогрессирования выше
- Мнение врачей: Epi-on не рекомендуется как основной метод лечения

### Клинический совет

Epi-on кажется удобным, но данные говорят в пользу Epi-off. Комфорт не должен быть важнее эффективности.

-  Рекомендация: Epi-off (Dresden) остается «золотым стандартом», Epi-on — только в рамках исследований

# Кросс-линкинг (CXL) – Ключевые положения

**Дрезден-протокол:** «Золотой стандарт» лечения с наиболее доказанной эффективностью.

**Пахиметрия  $\geq 400$  мкм:**  
Обязательное условие после набухания роговицы для защиты эндотелия.

**Стабилизация против зрения:**  
Главная цель CXL — остановить прогрессирование, а не улучшить остроту зрения.

**Epi-off против Epi-on:** Epi-off значительно эффективнее; Epi-on из-за низкой эффективности применяется только в редких случаях.

**Демаркационная линия:** Это показатель качества процедуры; чем глубже линия, тем выше эффективность.

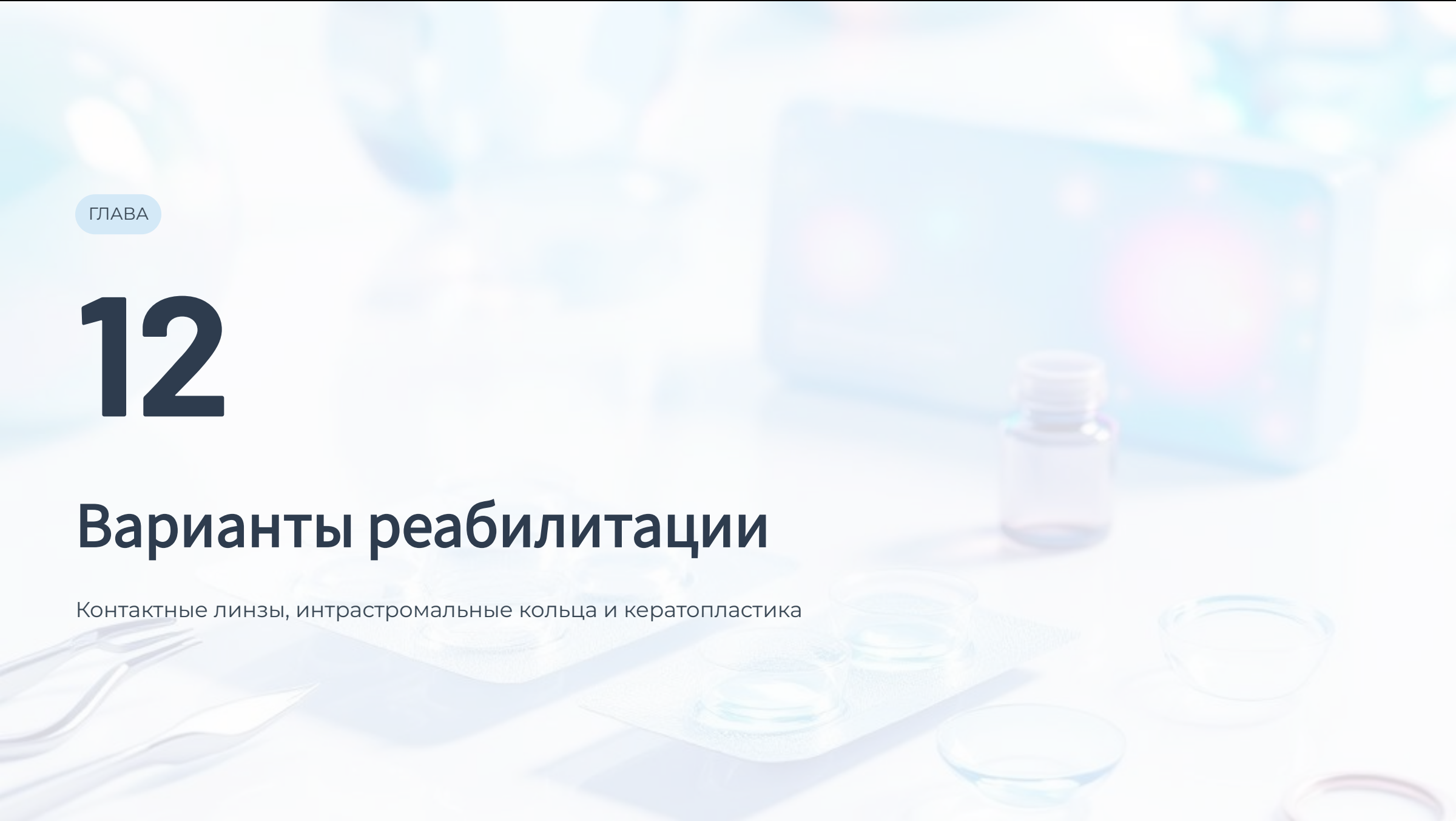
**Информирование пациента:** Нужно объяснить, что лечение направлено на остановку развития болезни, а не на улучшение зрения.

ГЛАВА

# 12

## Варианты реабилитации

Контактные линзы, интрастромальные кольца и кератопластика



# Реабилитация – Поэтапный подход

Ступенчатая схема: CXL → Оптика → ICRS → Кератопластика. Схема гибкая — выбор зависит от предпочтений пациента и качества жизни.

## Очки

Ранняя стадия, нерегулярный астигматизм < 2 dpt.  
Ограничение: плохая коррекция при высокой нерегулярности.

1

## Жесткие контактные линзы (RGP)

Средняя стадия; сглаживают нерегулярность с помощью слезной пленки. Первый выбор при непереносимости очков.

2

3

## Интрастромальные кольца (ICRS)

$K_{max} < 55$  dpt, прозрачная роговица, непереносимость контактных линз. Стабилизация формы + улучшение зрения без удаления ткани.

4

5

6

## Мягкие контактные линзы

Ранняя стадия; торические линзы. Ограничение: плохая центровка при выпячивании конуса.

## Склеральные линзы

Поздняя стадия; полностью перекрывают роговицу. Лучшая оптика при сильной нерегулярности.

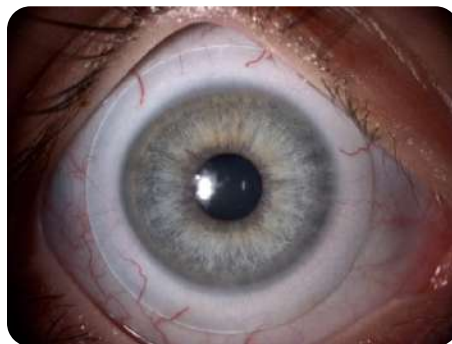
## Кератопластика (DALK/ПКР)

Последний этап.  $K_{max} > 55$  dpt, рубцы, неэффективность линз. DALK предпочтительнее (сохранение эндотелия); ПКР при повреждении эндотелия.



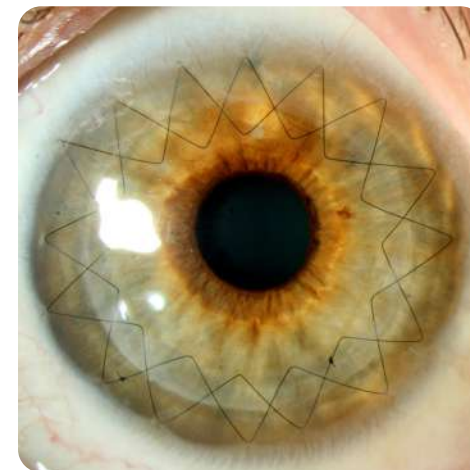
**ICRS (Keraring)**

$K_{max} < 55$  dpt, прозрачная роговица



**Контактные линзы (RGP/Склеральные)**

Средняя и поздняя стадии



**Кератопластика (DALK/ПКР)**

$K_{max} > 55$  dpt, рубцы, неэффективность линз



**Клиническая рекомендация:** Ступенчатая схема не является строгой. Комбинирование возможно: CXL → Keraring → контактная линза → кератопластика как путь эскалации. Выбор зависит от предпочтений пациента и качества жизни.

# 28-летний пациент после двустороннего CXL

- 📄 **Клинический сценарий:** 28-летний пациент, 2 года назад выполнено двустороннее CXL. Роговица стабильна (нет прогрессирования по результатам 4 последовательных измерений). Пациент работает графическим дизайнером.

## Данные обследования

- Стабильная роговица (4 измерения, прогресса нет)
- Kmax: 54 дптр справа, 51 дптр слева
- Пахиметрия: 420 мкм / 445 мкм
- Острота зрения в очках: 0,3 / 0,5

## Варианты

- А) Мягкая контактная линза – комфорт, но плохое зрение
- Б) Жесткая RGP-линза – лучшее зрение, требуется подбор
- В) Склеральная линза – комфорт + хорошее зрение, дороже
- Г) ICRS + линза – коррекция формы, затем линза

**Какой вариант вы бы рекомендовали – и почему?**

# Реабилитация – Ключевые положения

## **CXL стабилизирует, реабилитация**

**улучшает зрение:** Своевременный

CXL останавливает

прогрессирование, реабилитацию

проводят только при стабильной

роговице.

## **ЖГП-линзы: золотой стандарт:**

Высокое качество зрения при  
кератоконусе средней тяжести;

требуется опыт подбора.

## **Склеральные линзы: лучший**

**вариант при изменениях:**

Полностью перекрывают  
неровности роговицы; комфортная  
реабилитация без операции.

## **Кератинги как промежуточное решение:**

Имплантация ICRS может отложить или предотвратить  
кератопластику; всегда рассматривайте как первый  
вариант.

## **DALK предпочтительнее PKP:**

Сохранение  
собственного эндотелия улучшает долгосрочный  
прогноз и снижает риск отторжения.

ГЛАВА

# 13

От диагноза до решения о лечении

# Алгоритм принятия клинических решений

01

## Шаг 1 – Выявление подозрения

Прогрессирование миопии > 0,5 дптр/год, нерегулярный астигматизм, симптом «ножниц», частая смена очков → обязательна топография/томография

02

## Шаг 2 – Подтверждение диагноза

$K_{max} > 47$  дптр + задняя элевация > 12 мкм + пахиметрия < 500 мкм + BAD-D > 1,6 → диагноз «кератоконус»

03

## Шаг 3 – Оценка прогрессирования

Выполнено  $\geq 2$  из 5 критериев ( $K_{max} \geq 1$  дптр/год, пахиметрия  $\downarrow$ , элевация  $\uparrow$ , рефракция  $\uparrow$ , биомеханика  $\downarrow$ ) → прогрессирование подтверждено

04

## Шаг 4 – Проверка на CXL

Пахиметрия  $\geq 400$  мкм +  $K_{max} < 58$  дптр + нет рубцов → Epi-off CXL. Пахиметрия < 400 мкм → ускоренный протокол или специальный протокол

05

## Шаг 5 – После CXL

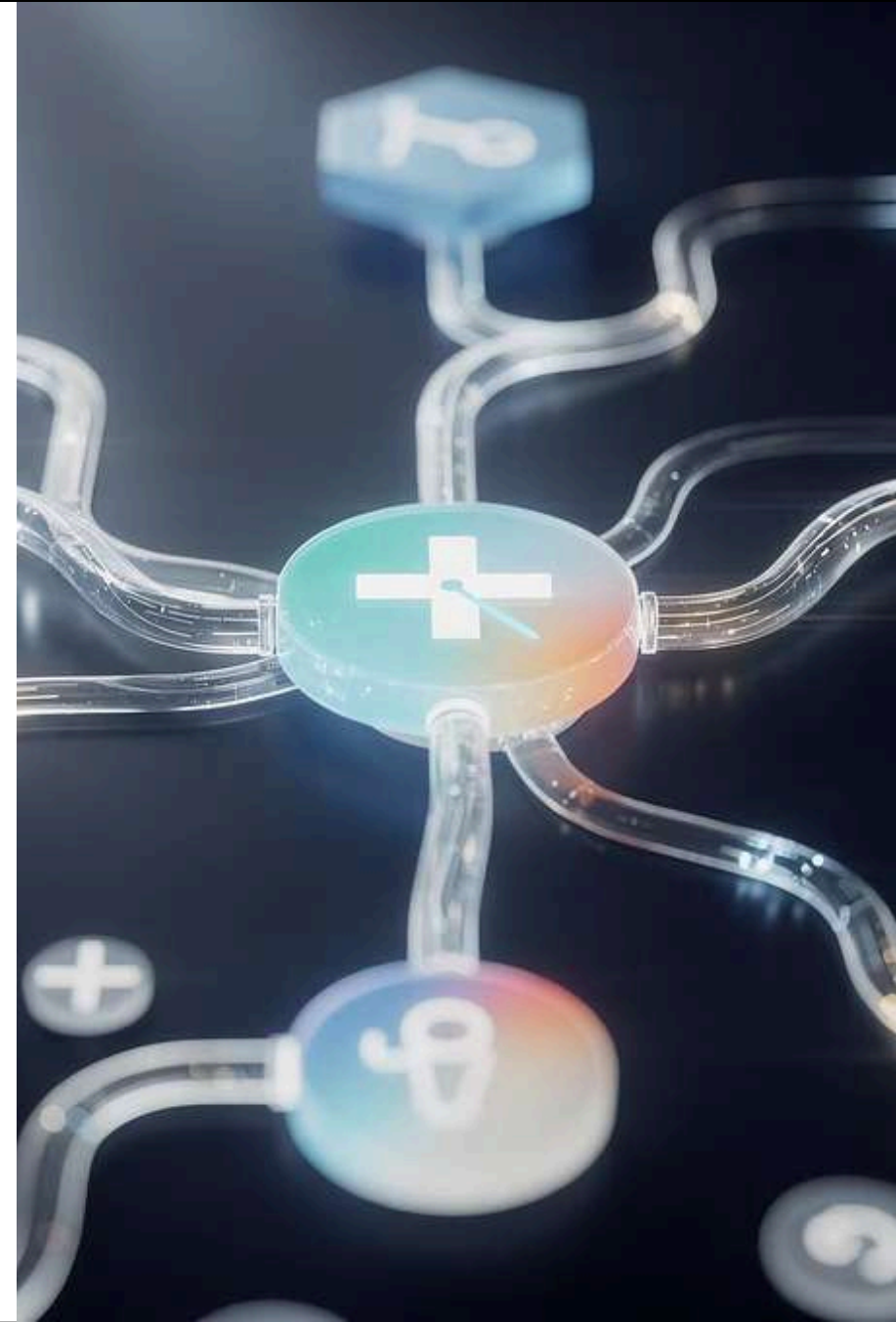
Стабильность (> 90 %): реабилитация (контактные линзы, Keraring). Нет стабильности: рассмотреть повторную CXL. Линия демаркации как показатель качества.

06

## Шаг 6 – Кератопластика

$K_{max} > 55$  дптр + непереносимость контактных линз + рубцы → предпочтительна DALK (сохранение эндотелия); сквозная кератопластика (РКР) при поражении эндотелия

**Клинический совет:** Этот алгоритм — лишь руководство. Всегда учитывайте индивидуальные факторы пациента (возраст, работа, готовность следовать рекомендациям, качество жизни). Никакой алгоритм не заменит врачебное суждение.



# Наблюдение – оценка риска

## Низкий риск

Стабильно, > 30 лет.

- Осмотр каждые 12 месяцев
- Топография + рефракция
- Повторить советы об отказе от трения глаз

## Средний риск

Молодой возраст, стабильно

- Осмотр каждые 6 месяцев
- Топография + пахиметрия
- При прогрессировании → CXL

## Высокий риск

Молодой возраст, прогрессирует, атопия

- Осмотр каждые 3 месяца
- Оценка показаний к CXL
- Строгий запрет на трение глаз

## После CXL

После операции

- 3, 6, 12 месяцев; затем ежегодно
- Линия демаркации как критерий качества
- Re-CXL при прогрессировании

- ☐ **Клинический совет:** Интервал наблюдения зависит от риска прогрессирования, а не от стадии заболевания. Стабильная III стадия требует меньше осмотров, чем прогрессирующая I стадия. Всегда используйте один и тот же аппарат — различия в оборудовании искажают оценку динамики.

# Выбор терапии – 3 сценария

Обсудите в малых группах: какая терапия подходит для какого пациента?

## Сценарий А

17 лет, Kmax 46 дптр, стабильно,  
без прогрессирования

## Сценарий В

22 года, Kmax 49→50 дптр за 12  
месяцев

## Сценарий С

35 лет, Kmax 55 дптр, пахиметрия  
350  $\mu\text{m}$

ГЛАВА

# 14

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Что можно изменить в вашей практике уже завтра

# Что делать иначе с завтрашнего дня

## Проверять всех молодых пациентов с прогрессирующей миопией

Почему? Ранняя диагностика — единственный способ предотвратить необратимые изменения роговицы при кератоконусе.

## Активно спрашивать о привычке тереть глаза и настоятельно рекомендовать прекратить

Почему? Это единственный фактор риска, на который можно повлиять; информирование — это профилактика.

## При подозрении делать томографию, а не только топографию

Почему? Только анализ толщины слоев дает важную информацию для ранней диагностики.

## Ранний кросс-линкинг: не ждать стадии III

Почему? Чтобы надолго сохранить максимально возможную остроту зрения за счет стабилизации структуры.

## Всегда собирать семейный анамнез при подозрении на кератоконус

Почему? Генетический фактор — наличие заболевания у родственников является важным сигналом для скрининга.

## Мониторинг прогрессирования: контроль по Pentacam каждые 6 месяцев

Почему? Быстрая динамика у молодых пациентов требует тщательного контроля для своевременного вмешательства.

## Заранее обсуждать реабилитацию с помощью контактных линз

Почему? Пациентам нужно видеть перспективу визуальной реабилитации до и во время стабилизирующей терапии.

## Систематически фиксировать привычку тереть глаза

Почему? Это позволяет объективно оценить поведение пациента для обоснованной консультации.

## Проверять братьев и сестер пациентов с кератоконусом

Почему? Семейный анамнез помогает вовремя выявить заболевание у близких родственников.



✉ **ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНАЯ ДИСКУССИЯ**

# Заключительная дискуссия

**"Что нового вы узнали сегодня?"**

- Какое самое важное знание вы сможете применить в своей практике?
- Какому пациенту из вашей практики помогла бы более ранняя диагностика?
- Какие изменения в своей работе вы внесете в первую очередь?

# Спасибо за участие


Ведение пациентов с кератоконусом

**Учебные материалы** будут предоставлены в электронном виде.



# Список изображений

- Символ Мансона (кератоконус): William Charles Caccamise Sr., MD – University of Iowa, EyeRounds.org. Лицензия: CC BY-SA 4.0 ([creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0))
- Линии Фогта (кератоконус): Christopher A. Kirkpatrick, MD / Toni Venckus, CRA – University of Iowa, EyeRounds.org.
- Pentacam AXL Wave: © Oculus Optikgeräte GmbH – [www.oculus.de](http://www.oculus.de)
- Schwind Sirius: © SCHWIND eye-tech-solutions – [www.eye-tech-solutions.com](http://www.eye-tech-solutions.com)
- Первый кросслинкинг роговицы (Augenlinik KSW): © Kantonsspital Winterthur – [www.ksw.ch](http://www.ksw.ch)
- Все ИИ-изображения: Созданы с помощью Gamma AI ([flux-2-pro / imagen](https://flux2.pro)) – без прав третьих лиц

 Примечание: ИИ-изображения регулируются условиями использования соответствующего провайдера. Для коммерческого использования рекомендуется юридическая проверка.