

Современные методы рефракционной хирургии

Наглядное введение в методы коррекции зрения — от лазерных процедур на роговице до имплантации искусственных линз.

Алла Крестовская-Мюллер



Структура курса

01

Введение

Близорукость, дальнозоркость и астигматизм: распространённость и физические основы коррекции зрения.

02

Лазерные методы

Методы моделирования роговицы (например, LASIK, Femto-LASIK, SMILE): принцип действия и современные лазерные технологии.

03

Имплантация факичных линз (ICL)

Введение дополнительной линзы в глаз для компенсации нарушений рефракции при сохранённой естественной линзе.

04

Рефракционная замена хрусталика (RLE)

Замена собственного хрусталика на искусственный хрусталик у пациентов с высокой степенью нарушения рефракции или возрастной дальнозоркостью.

05

Сравнение и алгоритм принятия решения

Какая процедура подходит какому пациенту? Обзор преимуществ и недостатков, а также взгляд на будущие разработки.



ГЛАВА 1

Введение в рефракционную хирургию

Рефракционная хирургия охватывает все процедуры, целью которых является долговременная коррекция рефракции глаза. Тем самым должны компенсироваться нарушения зрения, чтобы пациенты часто могли полностью обходиться без очков или контактных линз.

Рефракционные ошибки глаза

Рефракционные ошибки возникают, когда падающий свет не фокусируется точно на сетчатке в задней части глаза. Четыре наиболее распространённых вида нарушения зрения:

Близорукость (миопия)

Изображение возникает перед сетчаткой, из-за чего дальние объекты выглядят нечёткими. Причина обычно заключается в слишком длинном глазном яблоке. Коррекция с помощью рассеивающих линз (минусовых стёкол) или лазерного лечения для уплощения роговицы.

Дальнозоркость (гиперопия)

Изображение теоретически оказалось бы за сетчаткой. Причина обычно заключается в слишком коротком глазном яблоке. Коррекция с помощью собирающих линз (плюсовых стёкол) или лечения, направленного на усиление преломляющей силы роговицы.

Астигматизм

Роговица имеет неровную кривизну, из-за чего световые лучи по-разному преломляются в разных плоскостях. Это создаёт искажённое изображение. Коррекция обычно осуществляется с помощью специальных линз (цилиндрических стёкол), которые компенсируют эту кривизну.

Пресбиопия

Примерно с 45 лет естественный хрусталик глаза теряет эластичность и больше не может чётко фокусироваться на близких расстояниях. Чтение становится всё более затруднительным. Коррекция с помощью очков для чтения, прогрессивных линз или рефракционных вмешательств, таких как замена хрусталика (RLE) с мультифокальной линзой.

Эпидемиология и клиническая значимость

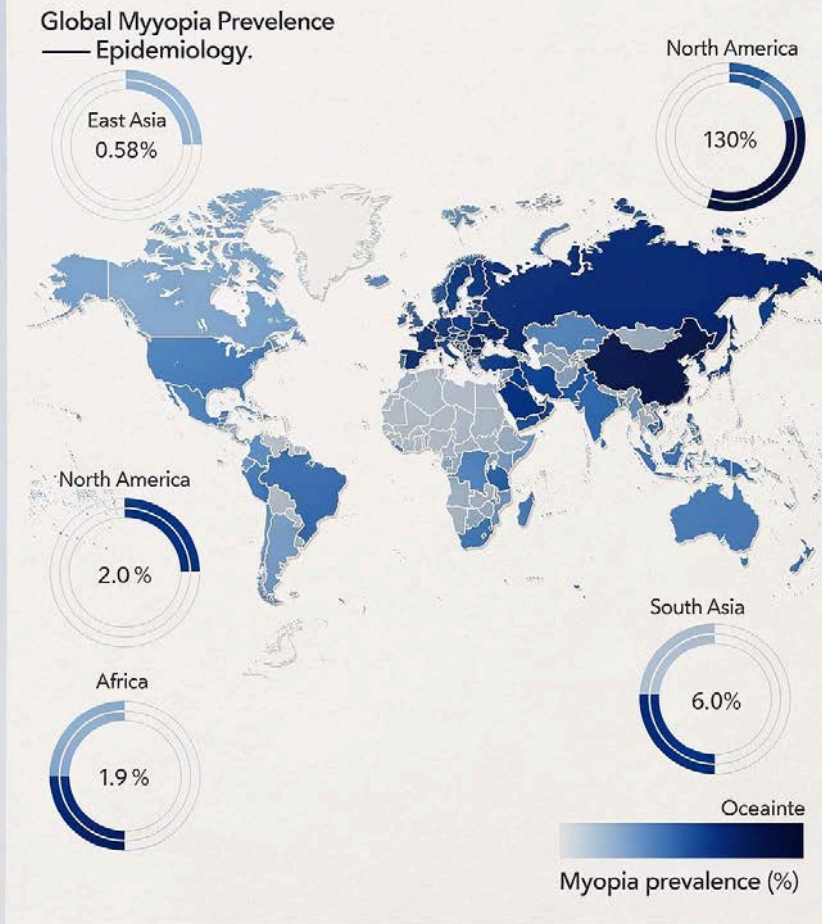
Глобальная распространенность

Близорукость (миопия) в настоящее время затрагивает около 30 % населения мира. Эксперты оценивают, что к 2050 году примерно половина всех людей будет близорукой. Особенно сильно эта тенденция выражена в Восточной Азии, где среди молодых взрослых в некоторых случаях поражено более 80 %.

Клиническая значимость

- Сильная близорукость (более -6 диоптрий) повышает риск поражений сетчатки, глаукомы и макулодистрофии.
- Нарушение зрения ухудшает качество жизни в повседневной жизни и может ограничивать выбор профессии.
- Рефракционная хирургия во всем мире все чаще выбирается как постоянное решение.

Global Myopia Prevalence



Основные принципы рефракционной хирургии

Цель любого рефракционного вмешательства состоит в том, чтобы устранить или значительно уменьшить нарушения рефракции путем длительного изменения преломляющей силы глаза.



Коррекция преломляющей силы может осуществляться на трех уровнях: путем лазерного лечения роговицы, путем имплантации дополнительной линзы в глаз или путем замены собственного хрусталика. Решение в пользу определенного метода зависит при этом от различных факторов, таких как возраст, степень нарушения зрения, состояние роговицы и индивидуальные параметры глаза.

Роговичные vs. линзовые методы

1. Роговичные методы

LASIK, SMILE, TransPRK

- Формируют поверхность роговицы
- Подходят при лёгкой до средней степени рефракционной ошибки
- Без инородного материала в глазу
- Только ограниченно обратимы
- Поскольку острота зрения после вмешательства со временем может слегка изменяться (так называемая регрессия), иногда требуется повторное лечение

2. Имплантация линзы

ICL

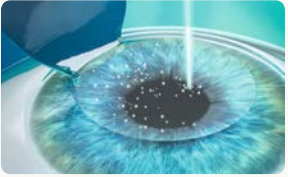
- Дополнительная линза позади радужки
- Идеально при очень сильной близорукости или астигматизме
- Собственная линза глаза сохраняется
- Поддаётся обратному выполнению (линзу можно снова удалить или заменить)

3. Замена хрусталика

RLE

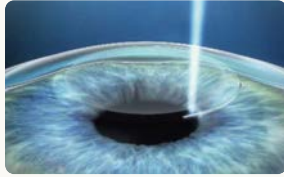
- Заменяет собственный хрусталик глаза искусственной линзой
- При пресбиопии или дальнозоркости
- Можно использовать специальные линзы (для близи и дали)
- Постоянное решение (собственный хрусталик удалён)

Обзор: Современные рефракционные процедуры



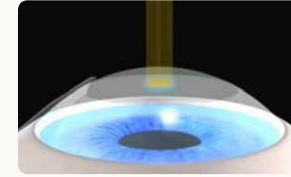
LASIK / Femto-LASIK

Коррекция с помощью лазера после создания тончайшего роговичного лоскута (флэпа) – проверенный стандарт с 1990-х годов.



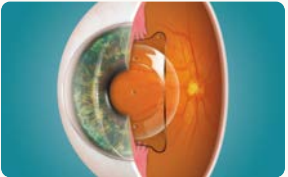
SMILE / SmartSight

Лазерная процедура без роговичного лоскута, при которой небольшая часть ткани (лентикула) удаляется изнутри роговицы.



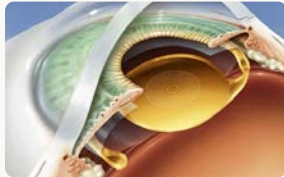
SMART Pro / TransPRK

Бесконтактная коррекция на поверхности роговицы с помощью современной лазерной технологии, без механического разреза.



ICL — Имплантация линзы

Введение специальной линзы за радужку. Собственный хрусталик остается сохраненным; вмешательство обратимо.



RLE — Рефракционная замена хрусталика

Замена собственного хрусталика на искусственную интраокулярную линзу (IOL) – проверенное решение при пресбиопии и очень высокой степени нарушения рефракции.

Оптические основы лазерной абляции

Физика эксимерного лазера

Эксимерный лазер испускает высокоэнергетические импульсы УФ-излучения (193 нм). Эти частицы света точно разрывают химические связи в роговице, процесс называется фотоабляцией. Поскольку это происходит без тепловыделения, окружающая ткань остается неповрежденной. Каждый лазерный импульс удаляет около 0,25 мкм ткани роговицы.

Формирование роговицы(стромы)

Благодаря целенаправленному удалению ткани в центре (при близорукости) или на краю (при дальнозоркости) роговица навсегда преобразуется таким образом, что свет снова правильно фокусируется на сетчатке.

LASIK: Хирургический принцип

LASIK (Laser-Assisted in Situ Keratomileusis) — это наиболее часто применяемая в мире процедура лазерной коррекции зрения. При этом сначала выполняется небольшой разрез на поверхности роговицы, после чего собственно коррекция проводится лазером в лежащей под ней ткани.



Сформированный таким образом роговичный лоскут (Flap, толщина ок. 0,1–0,2 мм) после лазерной обработки откидывается обратно. Затем он самостоятельно снова прочно фиксируется за счёт естественных сил адгезии. Лазер позволяет точно корректировать близорукость, дальнозоркость и астигматизм. Большим преимуществом метода является очень быстрое восстановление зрения после вмешательства.

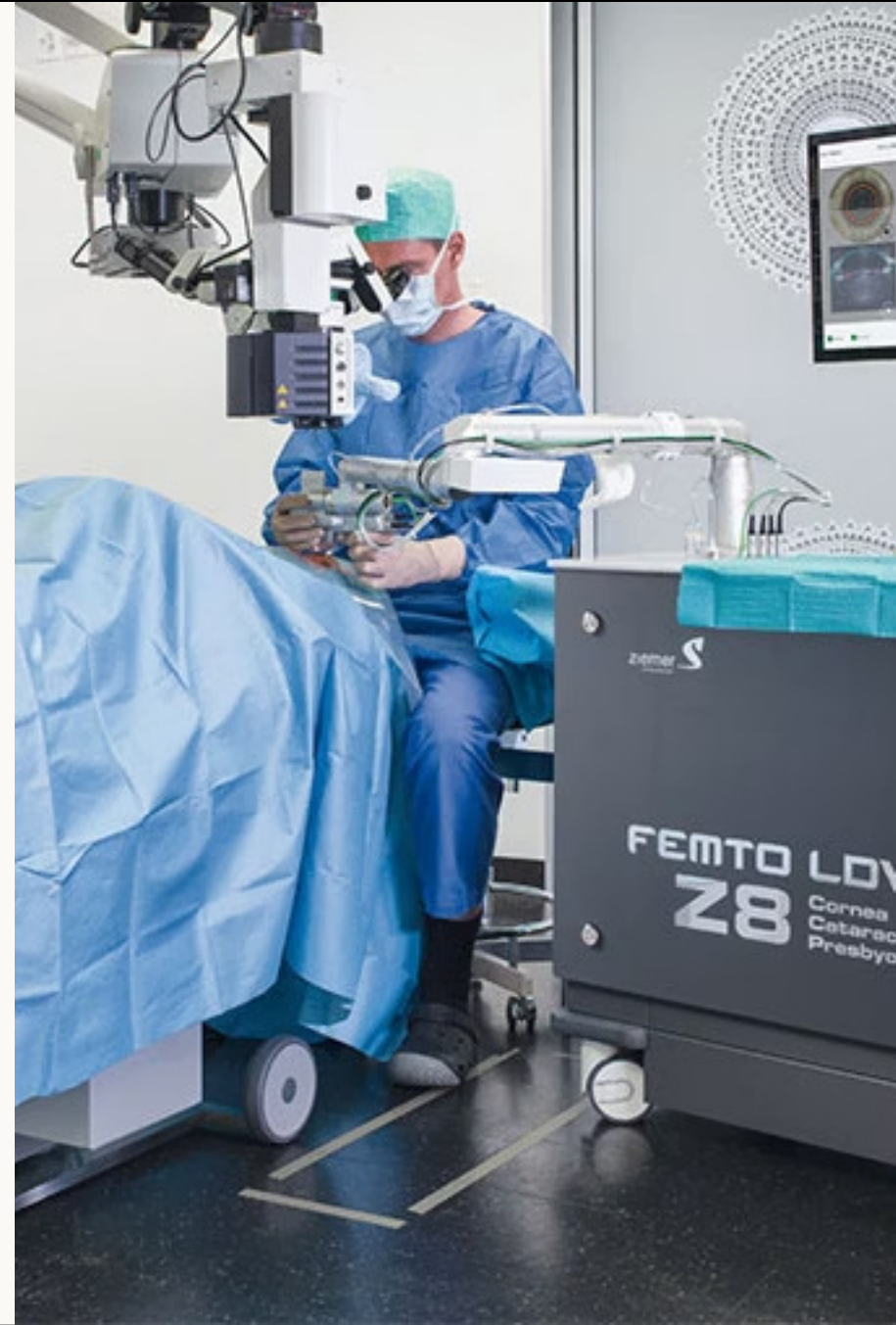
Микрокератом или FemtoLASIK?

Фемтосекундный лазер для подготовки флэпа

При Femto-LASIK роговичный лоскут (flap) больше не разрезается механически, а создается с помощью высокоточного инфракрасного лазера. Этот лазер работает с чрезвычайно короткими световыми импульсами. Благодаря этому в слое роговицы образуются крошечные пузырьки, которые обеспечивают точное разделение ткани.

Клинические преимущества

- Более высокая точность толщины и формы роговичного лоскута
- Меньше осложнений при выполнении разреза
- Индивидуально настраиваемые параметры разреза (такие как толщина или положение шарнира)
- Снижение риска неравномерной кривизны роговицы после процедуры



LASIK / FemtoLASIK: Показания и отбор

Показания

- Близорукость (миопия) до примерно -10 диоптрий
- Дальнозоркость (гиперопия) до примерно +4 диоптрий
- Астигматизм (нарушение кривизны роговицы) до примерно 5 диоптрий
- Стабильные показатели зрения в течение как минимум 12 месяцев
- Минимальный возраст от 18 до 21 года

Требования к роговице

- Общая толщина роговицы: минимум 480–500 мкм
- Оставшаяся толщина ткани после лазерной коррекции: минимум 250–300 мкм
- Роговица нормальной формы (нет признаков кератоконуса)
- Нормальный диаметр роговицы

Противопоказания

- Кератоконус или соответствующие подозрения на него
- Слишком малая толщина роговицы
- Прогрессирующее истончение роговицы (эктазия)
- Сильно выраженный синдром сухого глаза
- Заболевания собственной иммунной системы (аутоиммунные заболевания)

LASIK: Осложнения и ограничения

Осложнения, связанные с лоскутом

- **Во время операции:** разрывы в роговичном лоскуте (flap), неполные разрезы или свободный лоскут.
- **После операции:** прорастание клеток под лоскут, смещение лоскута под воздействием внешней силы или воспалительные реакции под flap.

Зрительные дефекты и оптические побочные эффекты

- Неидеальная коррекция (недокоррекция или перекоррекция) (к примеру, парфюм или део с алкоголем уменьшает энергию лазера)
- Возврат исходной аномалии рефракции со временем.
- Световые феномены, такие как гало (световые кольца), чувствительность к ослеплению или искажения изображения.
- Ухудшение стабильности роговицы (эктазия) из-за ослабления ткани.

Сухость глаза

Разрез для роговичного лоскута перерезает нервные волокна. Это приводит примерно у половины пациентов к временному снижению слезообразования и сухости глаз — явный недостаток по сравнению с процедурами, которые обходятся без flap.

Потеря стабильности

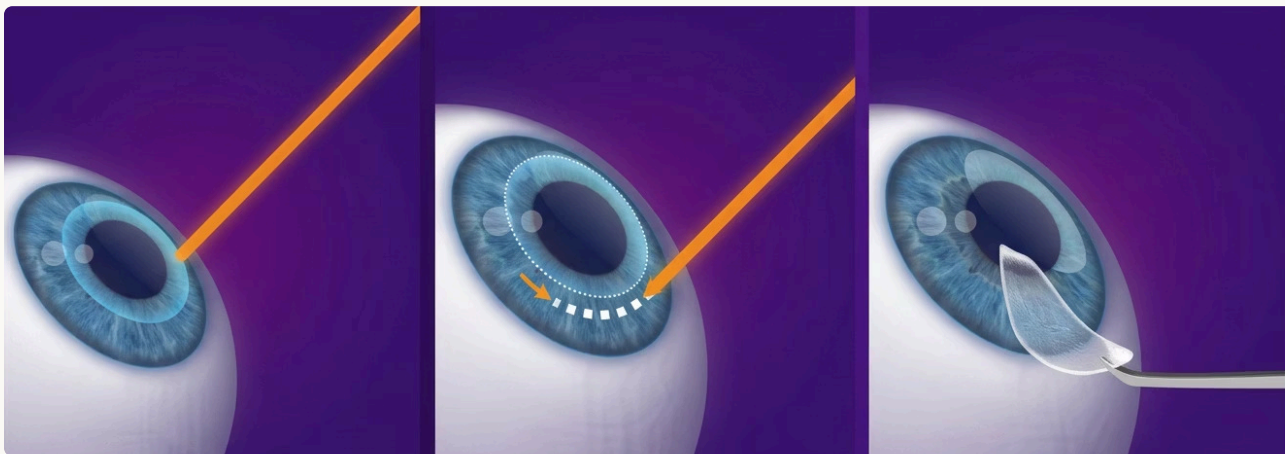
Сочетание разреза для flap и лазерного лечения ослабляет механическую прочность роговицы. У некоторых пациентов роговица поэтому может даже спустя годы самопроизвольно выпячиваться (эктазия).



SMILE — Извлечение лентиккулы через малый разрез

SMILE — это процедура практически без разрезов на роговице (без флэпа). При этом специальный лазер (фемтосекундный лазер) формирует внутри роговицы две точные плоскости разреза. Так образуется линзообразный участок ткани — так называемая лентиккула. Затем её удаляют снаружи через очень маленький разрез (2–4 мм). Поскольку внутри роговицы была удалена ткань, кривизна роговицы изменяется, и нарушение рефракции корректируется.

SMILE: Хирургический принцип в деталях



Этапы процедуры

1. **Подготовка лазера:** Лазер формирует тонкую тканевую пластинку внутри роговицы.
2. **Небольшой доступ:** Хирург делает крошечный разрез (2–4 мм) по краю.
3. **Удаление ткани:** Тканевая пластинка удаляется, в результате чего роговица принимает новую форму.

Преимущества

- Нет роговичного лоскута (флэпа): меньше осложнений на поверхности.
- Лучшая стабильность: роговица остается механически более устойчивой.
- Меньше сухости глаз: нервные волокна в значительной степени сохраняются.
- Все из одних рук: все лечение проводится всего одним лазером.

Ограничения

- Ручное удаление требует навыка от хирурга.
- Ограничено при дальнозоркости: подходит не для всех степеней.
- Инвестиционные затраты: технология дороже в приобретении.
- Коррекции: последующее вмешательство (ретритмент) технически более сложное.

SMILE: Показания и отбор пациентов

Подходящие пациенты

- Близорукость: -1 до -8 диоптрий
- Близорукость с астигматизмом до -5 диоптрий
- Достаточная толщина роговицы (минимум 480 мкм)
- Стабильные очковые показатели в течение как минимум 12 месяцев
- Спортсмены и люди с высоким риском травм глаз (так как не требуется операционный роговичный лоскут/флэп)
- Пациенты, уже до операции страдающие сухостью глаз

Клиническое сравнение LASIK vs. SMILE

Исследования подтверждают, что оба метода приводят к одинаково хорошим результатам зрения и высокой точности. Однако анализы показывают, что SMILE снижает риск сухости глаз после операции и сохраняет роговицу более стабильной. При дальнозоркости классический метод LASIK по-прежнему является лучшим выбором. Решение о выборе процедуры врач и пациент принимают совместно, исходя из индивидуальных особенностей глаз и доступной техники.

SmartSight и CLEAR: дальнейшие разработки технологии SMILE

SmartSight (SCHWIND)

Эта техника, разработанная SCHWIND, удаляет тонкий кусочек ткани (лентикул) изнутри роговицы, не создавая при этом клапан (flap). Используемый лазер позволяет очень точно выполнять разрез. Результаты сопоставимы с известной процедурой SMILE.

CLEAR (Zeiss)

Corneal Lenticule Extraction for Advanced Refractive correction — это новейшее дальнейшее развитие концепции SMILE на современной системе VISUMAX-800. Благодаря более высокой скорости лазера время лечения значительно сокращается. Это делает процедуру для пациентов более комфортной.

Клиническая сопоставимость

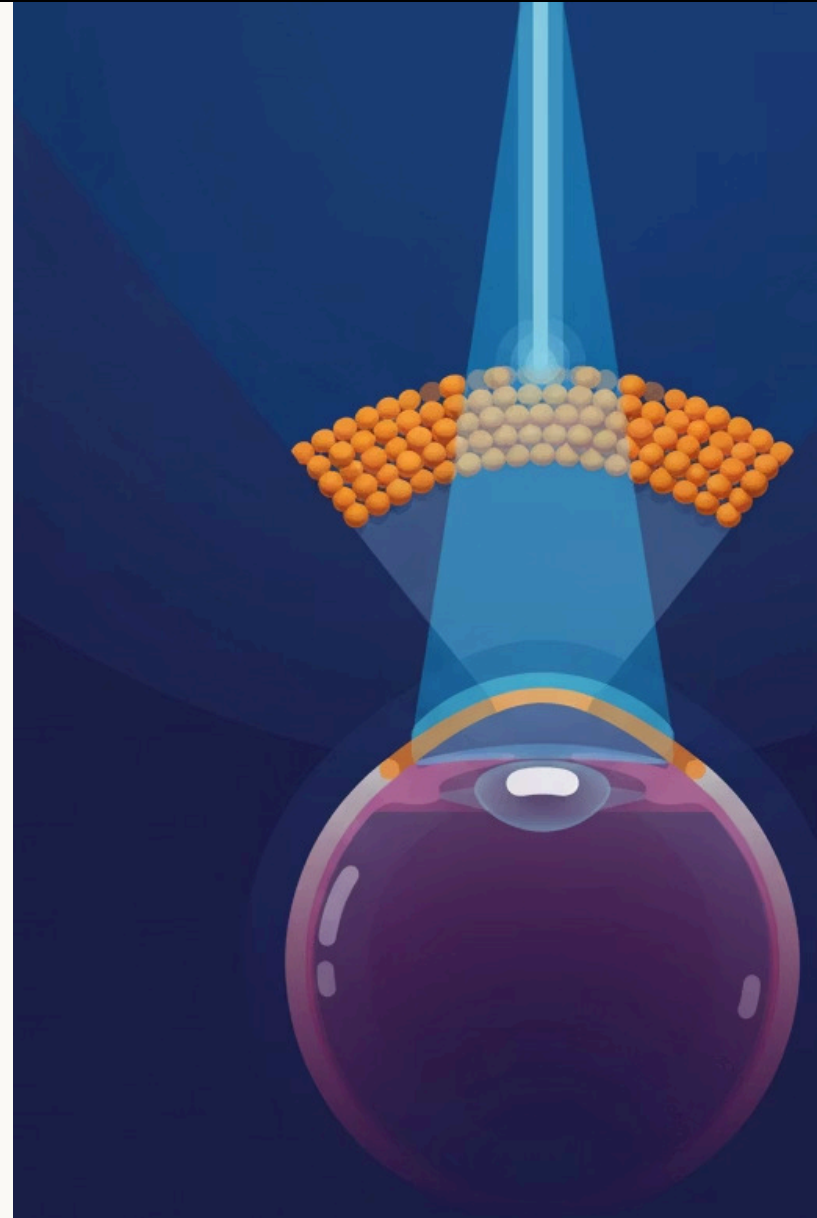
Все эти процедуры основаны на удалении кусочка ткани внутри роговицы без открытия поверхности с помощью flap. Системы главным образом различаются лазерной техникой и программным обеспечением. Поскольку это новые процедуры, в настоящее время по-прежнему собираются дополнительные долгосрочные результаты.

САМАЯ СОВРЕМЕННАЯ ПРОЦЕДУРА

SMART Pro: No-Touch TransPRK

При этой современной процедуре речь идёт об особенно щадящем лазерном лечении поверхности глаза. Вся коррекция выполняется без прямого контакта с глазом и без механических инструментов.

Лечение проводится непосредственно на роговице, благодаря чему риск осложнений минимизируется, которые при других процедурах могли бы возникнуть из-за создания тканевого лоскута . При этом лазер точно и бесконтактно удаляет верхний слой роговицы, чтобы восстановить желаемую остроту зрения.



SMART Pro: Концепция и принцип



Введение

SMART Pro – это самый современный метод поверхностной лазерной коррекции (TransPRK), который выполняется с помощью системы SCHWIND ATOS. Процедура проводится полностью бесконтактно – верхний клеточный слой (эпителий) и лежащая под ним ткань роговицы (строма) удаляются за один непрерывный лазерный этап. При этом не требуется ни хирургический разрез (флап), ни ручное удаление клеточного слоя.

Особенность

Этот бесконтактный процесс полностью обходится без механических инструментов. Благодаря этому исключается риск травм, связанных с инструментами. Лазер работает полностью автоматически и использует в качестве основы индивидуальные, заранее созданные данные измерений вашей роговицы.

SMART Pro: Технологические особенности



Технология no-touch

Лечение проводится полностью без прикосновения к роговице. При этом не используются ни механические ножи (микрочератель), ни вакуумные кольца, ни инструменты для ручного удаления верхнего клеточного слоя. Это щадит глаз и предотвращает травмы, вызванные внешним воздействием.



Топографически направленная абляция

Перед операцией форма и оптические свойства роговицы точно измеряются. Эти данные напрямую управляют лазером. Таким образом можно индивидуально и точно корректировать даже неровности и сложные аберрации глаза.



Биомеханические преимущества

Поскольку лоскут (flap) не формируется, стромальная структура роговицы в значительной степени сохраняется. В сравнении с LASIK, при которой выполняется дополнительный разрез в строме, роговица после поверхностных процедур, таких как PRK, считается биомеханически более стабильной, что снижает риск послеоперационной нестабильности.



Однофазная непрерывная абляция

Верхний защитный слой и расположенная под ним ткань обрабатываются за один непрерывный лазерный этап. Это значительно сокращает длительность процедуры и обеспечивает особенно равномерную и гладкую поверхность обработанной области.

SMART Pro: Показания и отбор пациентов

Предпочтительные показания

- Близорукость (миопия) до примерно -8 диоптрий, дальнозоркость (гиперопия) до $+3$ диоптрий
- Астигматизм при близорукости или дальнозоркости
- Очень тонкая роговица (поскольку не требуется тканевая крышечка/флап, сохраняется больше ткани)
- Пациенты с повышенным риском травм глаза (так как флап не может сместиться)
- Нерегулярный астигматизм роговицы (может быть компенсирован благодаря точному измерению)
- Отдельные случаи рубцов роговицы

Послеоперационные особенности

После лечения SMART Pro для защиты на протяжении примерно 4–5 дней используется медицинская контактная линза, пока верхний слой роговицы (эпителий) снова не зарастет. После вмешательства необходимы глазные капли с антибиотиками и противовоспалительными веществами, а также увлажняющие капли. Полная острота зрения восстанавливается несколько медленнее, чем после LASIK (полное восстановление примерно через 2–4 недели). Однако долгосрочные результаты с точки зрения стабильности и качества зрения сопоставимы или даже лучше.

SMART Pro: Клинические преимущества

0

Без механических инструментов

Глаз во время всего лечения не затрагивается. Не требуются ни режущий прибор (микрокератом), ни вакуумное кольцо, ни ручное удаление верхнего клеточного слоя (эпителия).

1

Один-единственный лазерный шаг

Вся коррекция верхнего клеточного слоя (эпителия) и роговицы (стромы) осуществляется в одном непрерывном, безостановочном лазерном процессе.

98%

Высокая удовлетворенность пациентов

Исследования подтверждают очень высокую удовлетворенность, сопоставимую с классическим методом LASIK – при значительно более низком риске для стабильности роговицы.

SMART Pro: Возможные осложнения и ограничения

Послеоперационная боль

Поскольку верхний слой роговицы (эпителий) удаляется, в первые 2–4 дня после лечения возникает более выраженное ощущение инородного тела, слезотечение и светочувствительность (фотофобия), чем при LASIK. Однако обезболивающие препараты и специальные контактные линзы значительно облегчают эти симптомы.

Роговичное помутнение (haze)

При глубоких лазерных обработках может возникать лёгкое помутнение роговицы (haze), вызванное образованием рубцовой ткани. Профилактика с помощью специального препарата (митомицин-С) непосредственно после лазера значительно снижает этот риск и при высоких значениях коррекции от -6 диоптрий является стандартом.

Более медленная реабилитация

Заживление верхнего слоя роговицы занимает около 4–5 дней. Полная острота зрения обычно достигается лишь через 2–4 недели — это важное отличие от LASIK, при котором пациенты уже через 1–2 дня снова видят чётко. Этот пункт очень важен для консультационной беседы.

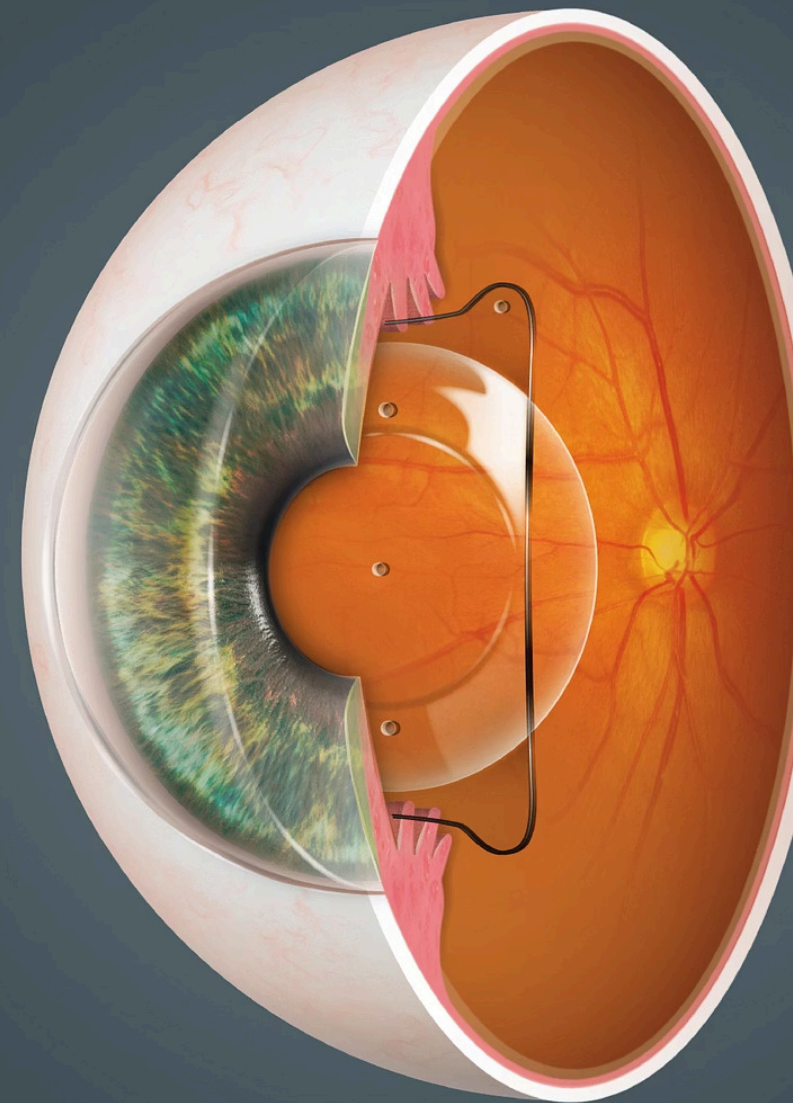
Сравнение лазерных методов

Критерий	Femto-LASIK	SMILE / CLEAR	SmartSight	SMART Pro (TransPRK)
Роговичный лоскут (флэп)	Да (созданная лазером)	Нет (удаление фрагмента ткани)	Нет (удаление фрагмента ткани)	Нет (поверхностная обработка)
Контакт с инструментами	Да (вакуумное кольцо)	Да (вакуумное кольцо и пинцет)	Да (вакуумное кольцо и пинцет)	Нет (метод No-Touch)
Стабильность роговицы	Умеренная	Высокая	Высокая	Очень высокая
Риск сухого глаза	Часто (временно)	Редко	Редко	Очень низкий
Срок восстановления (зрение)	1–2 дня	1–3 дня	1–3 дня	2–4 недели
Коррекция дальнозоркости	Очень хорошо	Ограниченно	Ограниченно	Хорошо
Индивидуальная настройка (топография)	Возможна	Ограниченно	Ограниченно	Стандартно интегрирована

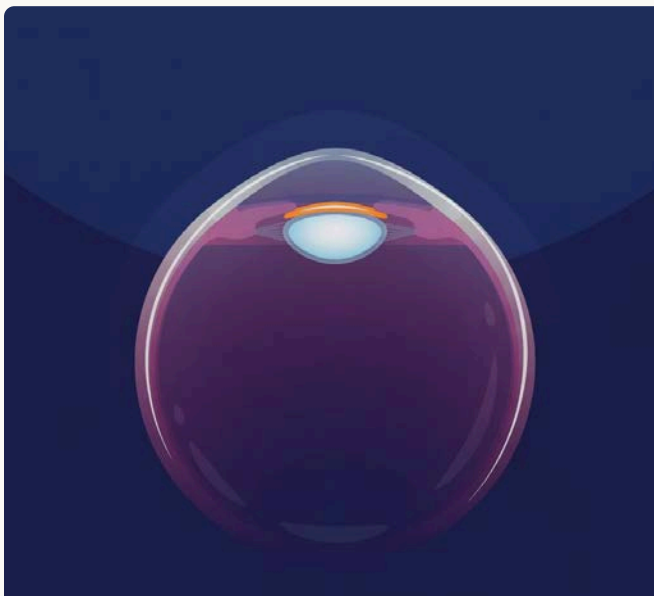
Имплантация линзы (ICL)

При имплантации линзы (ICL) в глаз вводится дополнительная, искусственная линза, при этом собственная, естественная линза остается в глазу. Это идеальное решение для пациентов, чья близорукость слишком сильна для лазерной коррекции или чья роговица слишком тонка.

Небольшая линза из мягкого материала вводится за радужку (цветную радужку) в заднюю камеру глаза. Там она корректирует падающий свет, прежде чем он попадет на естественный хрусталик глаза. Процедура обратима, поскольку искусственную линзу в любой момент можно снова удалить.



ICL: Оптический принцип



Определение и концепция

Линза **ICL** – это искусственная линза, которая имплантируется дополнительно к собственной линзе глаза. Её не нужно заменять, а она дополняет её. Её можно представить как постоянную контактную линзу, которая напрямую интегрирована в глаз.

Положение в глазу

Эти линзы (например, **EVO Visian ICL**) помещаются за радужкой прямо перед собственной линзой глаза. Эта область называется задней камерой. При этом естественная линза остаётся нетронутой и может полностью сохранять свою функцию – обеспечивать чёткое зрение вблизи и вдаль (аккомодацию).

ICL: Хирургическое проведение



Процедура проводится амбулаторно под аналгоседацией (легкий сон). Через крошечный разрез (ок. 2,6–2,8 мм) на роговице свернутая линза вводится в глаз. Затем она разворачивается за радужкой, в так называемой задней камере. Операционное вмешательство очень щадящее для тканей, и маленький разрез закрывается самостоятельно. Раньше для регулирования давления требовалась дополнительная лазерная обработка. У современной генерации линз благодаря небольшому центральному отверстию в линзе (AquaPORT) это обычно больше не требуется.

ICL: Показания и отбор пациентов

Основные показания

- Сильная близорукость: -3 до -16 диоптрий (возможны также значения свыше -16 диоптрий)
- Сильная дальнозоркость: +1 до +10 диоптрий
- Астигматизм до 6 диоптрий (со специальными торическими линзами)
- Роговица слишком тонкая или имеет слишком неправильную форму для лазерного лечения
- Сухие глаза

Анатомические условия

- Глубина передней камеры (расстояние между роговицей и хрусталиком): не менее 2,8 мм (идеально от 3,0 мм)
- Достаточно места позади радужки (измеряется с помощью УЗИ или камеры)
- Здоровая задняя поверхность роговицы (плотность эндотелиальных клеток более 2000 клеток/мм²)
- Нет воспалений в глазу, нет глаукомы и помутнения хрусталика (катаракты)

Особые группы пациентов

- Молодые пациенты (20–45 лет), у которых глаза еще хорошо способны фокусироваться
- Пациенты, которые предпочитают обратимую (реверсивную) коррекцию
- Пациенты со слишком тонкой роговицей для лазерной операции
- Активные люди с непереносимостью контактных линз

ICL: Преимущества по сравнению с лазерной коррекцией

→ Реверсивность

ICL при необходимости можно снова удалить — большое преимущество по сравнению с лазерными вмешательствами, при которых ткань роговицы навсегда удаляется. Таким образом, сохраняется возможность позже заменить линзу.

→ Коррекция высокой аметропии

ICL является безопасным решением даже при очень сильной близорукости (до -16 диоптрий и более). Лазерные методы здесь достигают своих пределов, поскольку они могут безопасно удалить лишь ограниченное количество ткани роговицы.

→ Сохранение геометрии роговицы

Роговица остается нетронутой и стабильной, поскольку ткань не удаляется. Риск последующей деформации роговицы (эктазии) отсутствует, а ее толщина и естественная кривизна остаются неизменными.

→ Отличное качество изображения

Поскольку линза находится непосредственно в глазу, она обеспечивает очень четкое и яркое изображение. Световые эффекты, такие как гало (световые ореолы вокруг источников света) или блики, встречаются редко. Многие пациенты достигают исключительно высокой остроты зрения.

ICL: Риски и возможные осложнения

Значение «vault» (расстояния)

Под **vault** понимают важный безопасный промежуток между имплантированной линзой и естественным хрусталиком глаза. Если это расстояние слишком мало (менее 250 мкм), это может способствовать образованию катаракты (помутнения хрусталика). Если оно слишком велико (более 1000 мкм), это может затруднить отток водянистой влаги и повысить внутриглазное давление. Поэтому точное измерение глаза перед операцией имеет решающее значение.

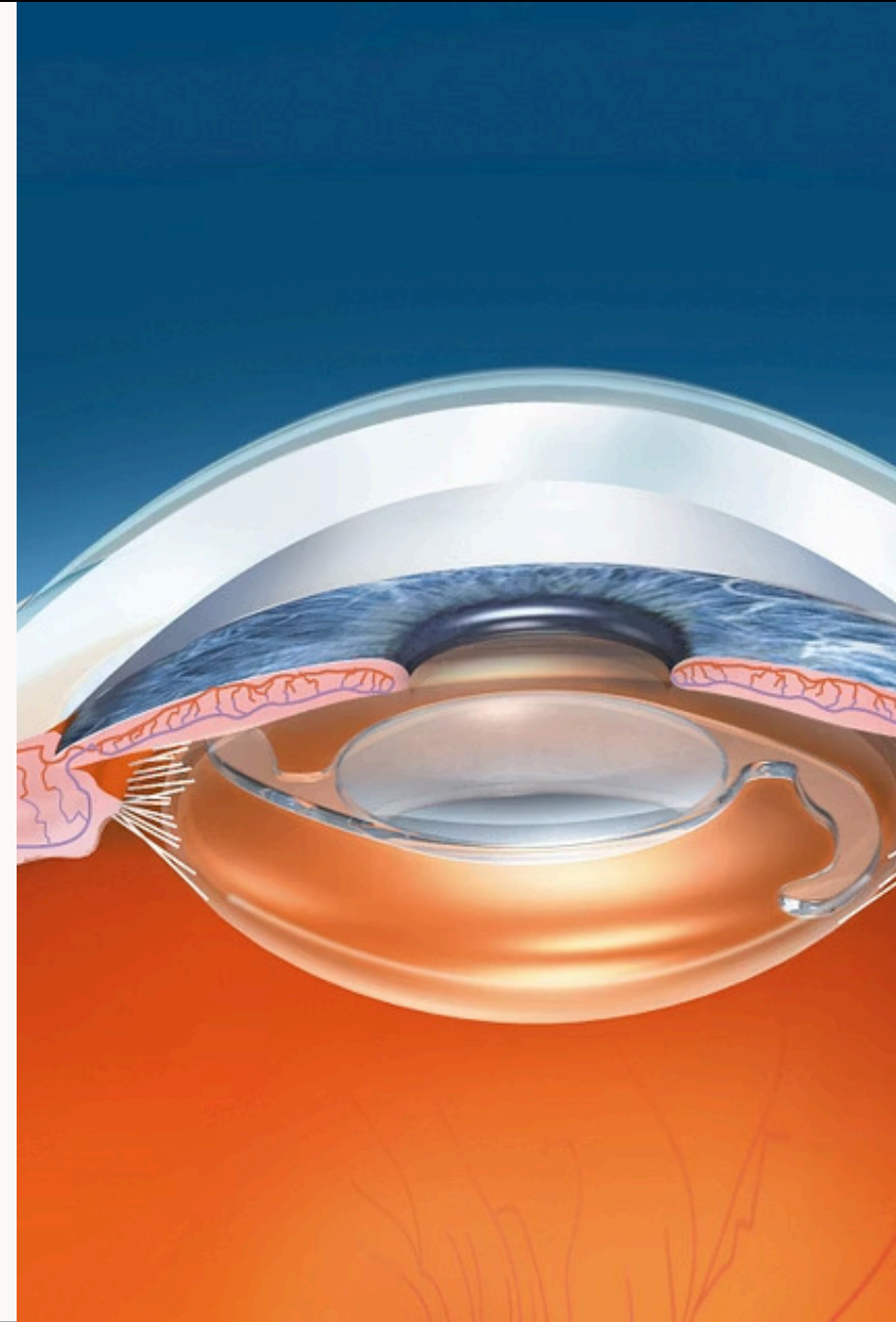
Другие возможные риски

- **Повышенное внутриглазное давление:** Может возникнуть вскоре после операции, чаще всего из-за остатков используемой операционной жидкости.
- **Развитие катаракты:** Возможное последствие при слишком плотном положении линзы или при контакте с собственным хрусталиком глаза.
- **Смещение линзы (децентрация):** Возникает редко, обычно при особых анатомических особенностях глаза.
- **Инфекции (эндофтальмит):** Как и при любом вмешательстве внутри глаза, существует очень небольшой риск воспаления.

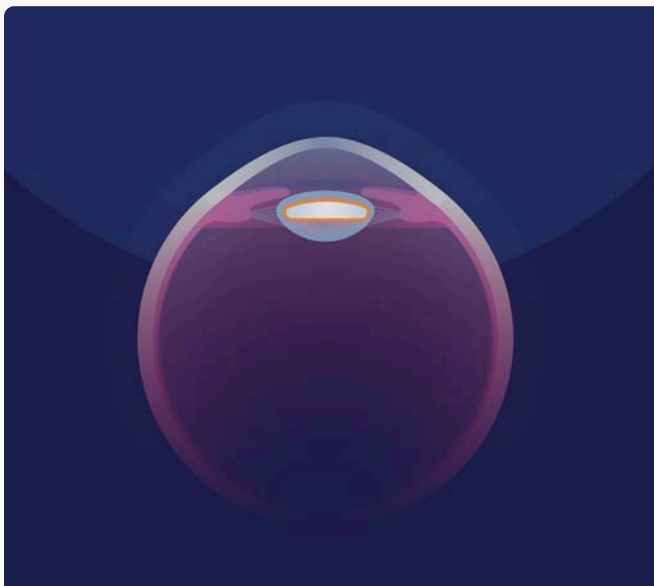
Рефракционная замена хрусталика (RLE – Refractive Lens Exchange)

При рефракционной замене хрусталика (RLE) естественный прозрачный хрусталик глаза заменяется искусственной линзой с подходящей преломляющей силой. Процедура идеально подходит для пациентов примерно от 45 лет, чья близорукость, дальнозоркость или астигматизм слишком сильны для лазерной коррекции или которые уже страдают от возрастной дальнозоркости.

Искусственная линза навсегда берет на себя задачу естественного хрусталика. В зависимости от потребностей могут использоваться однофокусные, мультифокальные или EDOF-линзы, которые обеспечивают как ближнее, так и дальнее зрение. Поскольку собственный хрусталик удаляется, вмешательство необратимо.



RLE: Оптический принцип



Определение и концепция

При RLE собственный, помутневший или имеющий нарушение рефракции хрусталик заменяется искусственным хрусталиком (IOL). Он постоянно выполняет преломляющую функцию глаза. В зависимости от типа линзы можно корректировать как зрение вблизи, так и вдаль.

Положение в глазу

Искусственный хрусталик помещается в так называемый капсульный мешок — именно туда, где раньше находился естественный хрусталик. Монофокальные линзы корректируют одну дистанцию, тогда как мультифокальные, EDOF- или гибридные линзы охватывают несколько дальностных диапазонов и тем самым значительно снижают зависимость от очков.

RLE: Хирургический ход



Процедура проводится амбулаторно под аналгоседацией (лёгкий дремотный сон) и длится около 15–20 минут на один глаз. Естественный хрусталик измельчается и отсасывается с помощью ультразвука (факоэмульсификация). Затем сложенная искусственная линза вводится через тот же небольшой разрез, который после этого закрывается сам. Возможно проведение операции на обоих глазах в один день.

RLE: Сравнение методов удаления хрусталика

Ультразвук (факоэмульсификация)

Классический стандартный метод

Преимущества:

- Метод, проверенный многолетней практикой
- Применим даже при очень твёрдых хрусталиках
- Установленный во всём мире стандарт

Недостатки:

- Высокая подача энергии в глаз
- Возможно тепловыделение
- Повышенный риск потери клеток роговицы

Нанолазер (NANO Pro)

Премиум-метод

Преимущества:

- Отсутствие тепловыделения в глазу
- Значительно более низкая подача энергии
- Более щадящий для роговицы
- Лучшее ночное зрение после операции
- Одноразовые инструменты — максимальная гигиена

Недостатки:

- При очень выраженном помутнении хрусталика ограничен
- Более высокая стоимость

Фемтолазер

Специальный метод

Преимущества:

- Точная подготовка разрезов роговицы
- Точное вскрытие капсулы хрусталика
- Воспроизводимая геометрия разреза

Недостатки:

- Удаление хрусталика по-прежнему выполняется ультразвуком
- Высокая стоимость оборудования и лечения

RLE vs. хирургия катаракты — сходства и различия

Хотя хирургическая техника при обоих вмешательствах почти одинакова, замена хрусталика (RLE) и операция по поводу «серой звезды» (хирургия катаракты) принципиально различаются по своей цели, возрасту пациентов и необходимой оценке риска.

Поскольку при замене хрусталика удаляется по сути еще функционирующий, естественный хрусталик, очень тщательный отбор пациентов и особенно подробное разъяснение рисков являются обязательными.

RLE: Типы искусственных линз IOL

Монофокальные IOL

Линза корректирует зрение для одного расстояния (либо вдаль, либо вблизи). Это наиболее проверенный вариант с очень резким качеством изображения. Идеально подходит для пациентов, которые не хотят носить очки для определённого диапазона. Она вызывает наименьшее количество оптических побочных эффектов.

Мультифокальные IOL

Эти линзы обеспечивают чёткое зрение вдаль, в промежуточной зоне и вблизи благодаря специальным оптическим кольцевым зонам. Они дают наибольшую независимость от очков. Однако могут чаще возникать световые эффекты (например, ореолы вокруг источников света или слепящие блики). Поэтому важно тщательно проверить, подходит ли такая линза пациенту.

EDOF-IOL (Extended Depth of Focus)

Эти линзы обеспечивают расширенный чёткий диапазон без фокусировки на отдельных точках. Это хороший компромисс между наилучшим качеством изображения и высокой независимостью от очков. Они вызывают меньше раздражающих световых эффектов, чем мультифокальные линзы, и очень хорошо подходят пациентам с активным образом жизни.

Гибридные линзы (Hybrid-IOL)

Гибридные линзы сочетают преимущества мультифокальных и EDOF-линз. От дальнего расстояния до примерно 60 см переход происходит плавно, как у EDOF-линз – похоже на естественное зрение. Для ближнего диапазона ниже 60 см дополнительный фокус обеспечивает хорошую читаемость даже мелкого шрифта. Преимущества: меньшее рассеяние света ночью по сравнению с классическими мультифокальными линзами, естественное восприятие цвета, максимальная свобода от очков при хорошей переносимости. Срок службы около 90 лет.

RLE: Показания, преимущества и ограничения

Показания

- **Пресбиопия:** Примерно с 45–50 лет, когда глаз больше не может самостоятельно сфокусироваться на близких расстояниях.
- **Сильная близорукость (миопия):** Свыше –10 диоптрий, часто в сочетании с начинающимся помутнением хрусталика.
- **Сильная дальнозоркость (гиперопия):** Свыше +4 диоптрий, когда лазерное лечение невозможно.
- Комбинированная коррекция остроты зрения и профилактика катаракты.
- Если лазерные методы или имплантируемые линзы (ICL) не подходят.

Преимущества и ограничения

Преимущества:

- Катаракта больше не может возникнуть.
- Коррекция остроты зрения остается постоянно стабильной и не регрессирует.
- С помощью современных искусственных линз можно компенсировать очень широкий диапазон нарушений рефракции.

Ограничения:

- Естественная способность глаза настраиваться на разные расстояния (аккомодация) навсегда утрачивается.
- У молодых пациентов с выраженной близорукостью существует более высокий риск отслойки сетчатки.
- Существует редкий риск воспаления внутри глаза (эндофтальмита) после процедуры.
- При специальных линзах (мультифокальных) могут возникать раздражающие световые эффекты, такие как гало (световые ореолы) или ослепление.

Биометрия и расчет ИОЛ

Успех операции по имплантации линзы в решающей степени зависит от точного измерения глаза и последующего расчета искусственной линзы. Современные устройства (такие как IOLMaster 700 или Lenstar) используют оптическую когерентную томографию (бесконтактное лазерное измерение), чтобы точно определить длину глаза, кривизну роговицы, а также глубину передней камеры глаза и толщину естественной линзы.

01

Биометрия (измерение глаза)

Определение длины глаза, кривизны роговицы и других анатомических деталей с помощью современных лазерных измерительных систем.

03

Выбор IOL линзы

Выбор подходящей искусственной линзы (например, однофокальной, мультифокальной или торической линзы при астигматизме) на основе пожеланий пациента и желаемого результата зрения.

02

Выбор формулы

Применение современных математических формул (например, Barrett Universal II, Kane или Hill-RBF), которые в зависимости от формы и размера глаза рассчитывают подходящую силу линзы.

04

Целевая рефракция (желаемый результат зрения)

Определение того, будет ли после операции стремиться к четкому зрению вдаль (нормальная рефракция) или к целевой поддержке зрения вблизи (моновидение).



ГЛАВА 5

Сравнение и алгоритм принятия решений

При выборе правильной искусственной линзы необходимо сопоставлять различные факторы. Алгоритм принятия решений помогает врачам найти наилучшее решение для индивидуальных потребностей и анатомии глаза пациента.

Сравнение трёх основных стратегий

Критерий	Лазерная коррекция (например, LASIK)	Имплантация линзы (ICL)	Замена хрусталика (RLE)
Диапазон коррекции	Близорукость до -10, дальнозоркость до +4 диоптрий	Близорукость до -16, дальнозоркость до +10 диоптрий	Очень высокие значения (возможны все степени)
Роговица нужна	Должна быть достаточно толстой и стабильной	Состояние роговицы имеет второстепенное значение	Состояние роговицы имеет второстепенное значение
Аккомодация	Полностью сохраняется	Сохраняется (до 45-летнего возраста)	Навсегда утрачивается (естественная фокусировка на близком расстоянии исчезает)
Обратимость	Невозможно отменить	Можно отменить (линзу можно удалить)	Невозможно отменить
Рекомендуемый возраст	От 18 до 45 лет	От 20 до 45 лет	С 45 лет (пресбиопия) или раньше при больших значениях дальнозоркости
Основной риск	Нестабильная роговица, рубцевание, сухой глаз	Повышение давления в глазу, расстояние до линзы, катаракта	Проблемы с сетчаткой (у близоруких), световые феномены

Алгоритм принятия решения: выбор пациентов

Предоперационная оценка — ключевые обследования



Топография и томография роговицы

С помощью специальных камер (Pentacam) точно измеряется форма роговицы. При этом мы проверяем толщину, кривизну и поверхность, чтобы исключить риск слабости роговицы (эктазии). Это обязательно перед любым лазерным вмешательством.



Биометрия и анализ передней камеры

Мы измеряем все внутренние структуры глаза, такие как глубина передней камеры или диаметр глаза. Это особенно важно для выбора правильной имплантируемой линзы (ICL). У пациентов с линзами мы также проверяем плотность задней поверхности роговицы.



Аберметрия и волновой фронт

Это обследование выявляет мельчайшие искажения изображения глаза, выходящие за рамки обычного нарушения зрения. Эти данные позволяют нам подобрать индивидуализированное лазерное лечение, чтобы достичь наилучшего качества зрения.



Анализ слёзной плёнки

Мы исследуем качество и количество слёзной плёнки, а также функцию желез по краю век. Если имеется синдром сухого глаза, мы выбираем более щадящий лазерный метод (например, SMILE или TransPRK), чтобы не нагружать поверхность глаза дополнительно.

Информирование пациента: этические и клинические аспекты

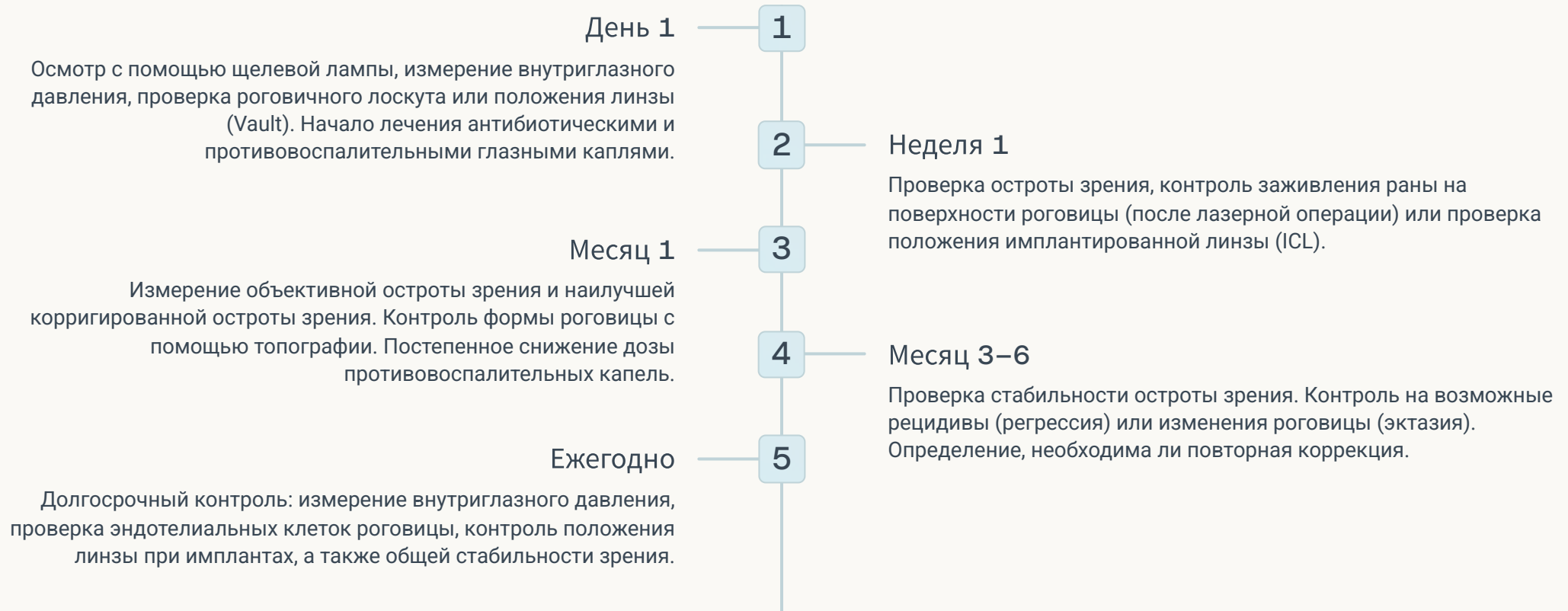
Информированное согласие — основные сведения

- Реалистичная оценка шансов на успех и ограничений
- Риск неидеальной остроты зрения (недокоррекция или перекоррекция в 10–15 %)
- Возможная необходимость второй процедуры
- Специфические риски (такие как слабость роговицы, положение линзы или помутнение линзы)
- Оптические побочные эффекты (например, ореолы вокруг источников света при мультифокальных линзах)
- Стабильность результата со временем

Управление ожиданиями пациента

Решающий фактор удовлетворенности — открытый подход к ожиданиям до операции. Те, у кого есть нереалистичные представления — особенно при лечении возрастной дальнозоркости — часто менее удовлетворены, даже если вмешательство технически прошло успешно. Хорошо себя зарекомендовало структурированное информирование с понятными памятками. Полезно также тестировать зрительные эффекты, например, с помощью пробного ношения контактных линз при так называемой моновижн (один глаз для дали, другой для близи).

Послеоперационное ведение — принципы



Кератоконус: важнейший диагноз–исключение

Кератоконус — это наиболее частое и важнейшее медицинское противопоказание для глазных лазерных вмешательств. При этом роговица патологически истончена и конусообразно выпячивается наружу. Если таким глазам выполнить лазерную коррекцию, нестабильность роговицы может резко усугубиться.

Скрининговые инструменты

Специальные методы обследования, такие как измерение роговицы (Pentacam с индексом Belin-Ambrósio), биомеханические тесты стабильности и топография (карта роговицы).

Ведение

При активном кератоконусе: укрепление роговицы (кросслинкинг). При стабильном заболевании после укрепления: возможно имплантирование линзы в глаз (ICL), однако лазерное лечение остаётся исключённым.



Кросслинкинг роговицы (CXL): синергетическое лечение

Принцип кросслинкинга

При этом рибофлавин (витамин В2) наносят на роговицу, с которой удалён верхний клеточный слой, и облучают её ультрафиолетом-А (365 нм, 3 мВт/см²). Это запускает химическую реакцию, которая навсегда связывает коллагеновые волокна роговицы между собой и тем самым ощутимо делает ткань более плотной и стабильной.

Клиническое значение в рефракционной хирургии

- **Основное применение:** прогрессирующий кератоконус (искривление роговицы в более чем 90 % случаев удаётся остановить).
- **Профилактика:** защитная мера для глаз с тонкой роговицей, если одновременно проводится лазерная операция (PRK).
- **После лазерной операции:** лечение редкой, вызванной лазерными вмешательствами слабости роговицы.
- После успешной стабилизации ткани при необходимости можно установить имплантируемую линзу (ICL) для коррекции остроты зрения.

Контроль качества и отчётность по результатам

В рефракционной хирургии единообразный сбор результатов лечения имеет решающее значение, чтобы обеспечивать качество и делать методы сопоставимыми. Наиболее важные показатели успешности операции:

Эффективность

Доля пациентов, которые после операции достигают очень хорошей остроты зрения без очков.

Измеряется, сколько пациентов достигают своей целевой дальности зрения.

Безопасность

Безопасность означает, что наилучшая острота зрения с очками не ухудшается.

Проверяется, видят ли пациенты после операции хуже более чем на две строки по таблице для проверки зрения по сравнению с исходным уровнем.

Предсказуемость

Показывает, насколько точно была достигнута целевая сила глаз (рефракция). Измеряется, какая доля глаз находится в узком диапазоне $\pm 0,25$ или $\pm 0,50$ диоптрии от целевого значения.

Стабильность

Описывает, насколько постоянным остаётся результат со временем. Исследуется изменение значений диоптрий между двумя контрольными визитами. Изменения менее 0,50 диоптрии в год считаются стабильными.

Будущее рефракционной хирургии



Персонализированные абляционные профили

Полностью индивидуальные, поддерживаемые ИИ планы лечения. Они используют данные о форме роговицы и преломлении света глаза как новый стандарт для точных лазерных коррекций.



Регулируемые IOL

Светоадаптируемые искусственные линзы, позволяют после операции еще тонко корректировать силу линзы с помощью УФ-света для точной остроты зрения.



Аккомодирующие ИОЛ

Следующее поколение искусственных линз должно благодаря гибким формам снова обеспечивать естественную фокусировку глаза на разных расстояниях.

Обсуждение клинического случая 1: Молодой пациент с высокой миопией

Клиническая картина

25-летний пациент обращается с выраженной близорукостью и астигматизмом (значения: $-9,50 -1,25 \times 175^\circ$). Роговица довольно тонкая – 498 мкм, но имеет нормальную форму без признаков выпячивания (кератоконуса). Глубина передней камеры глаза составляет 3,4 мм и является хорошей, внутренняя оболочка роговицы (эндотелий) здорова. В сумерках зрачок расширяется до 6,2 мм.

Диагностические соображения

Лазерная операция при таких значениях $-9,50$ диоптрий не рекомендуется, поскольку роговица слишком тонкая для необходимой абляции. Достаточно стабильный остаточный слой после лазера обеспечить было бы едва ли возможно. Поскольку форма роговицы не вызывает подозрений и между роговицей и линзой имеется достаточное пространство, использование искусственной линзы (ICL) является более безопасным выбором.

Рекомендуемая тактика

EVO Visian ICL (имплантируемая линза, здесь в торической версии для коррекции астигматизма) – лучший вариант. Перед процедурой: измерение внутренних структур глаза (UBM) для правильного подбора размера линзы. Современные модели линз со встроенным жидкостным каналом (KS-AquaPORT) часто делают дополнительное маленькое отверстие в радужке (иридотомию) излишним. После вмешательства важны регулярные контрольные осмотры положения линзы (vault) и внутриглазного давления.

Обсуждение случая 2: пациент среднего возраста с пресбиопией

Клиническая презентация

Пациентка 52 лет (врач). Нарушение рефракции: -2,50 диоптрии на оба глаза (близорукость). Полная утрата способности к фокусировке на близком расстоянии (возрастная дальнозоркость). Роговица: 530 мкм толщиной и правильно сформирована. Признаков катаракты (помутнения хрусталика) нет. Желание пациентки — жизнь без очков для дали и для близи.

Диагностические соображения

Лазерное лечение хотя и скорректировало бы близорукость, но возрастная дальнозоркость осталась бы (читать без очков по-прежнему было бы невозможно). Имплантируемая линза (ICL) при возрастной дальнозоркости нецелесообразна. Замена хрусталика на искусственный хрусталик (с несколькими фокусами для дали и близи) одновременно решает обе проблемы и, кроме того, предотвращает позднее развитие катаракты.

Рекомендуемая тактика

Рефракционная замена хрусталика (замена собственного хрусталика на специальную искусственную линзу) на обоих глазах. Рекомендуются EDOF-линзы (расширенный диапазон глубины резкости, напр. AT LARA, AcrySof IQ Vivity), чтобы уменьшить световые феномены (такие как ореолы) и достичь высокой независимости от очков. Операция проводится последовательно, с интервалом 1–2 недели между глазами. Необходимо тщательное информирование о возможных визуальных эффектах и периоде адаптации.

Разбор случая 3: Пограничная роговица для лазерной коррекции

Клиническая презентация

30-летний пациент с близорукостью $-5,00$ диоптрий. Роговица относительно тонкая, 462 мкм. Форма роговицы показывает слегка повышенное значение риска патологического выпячивания (эктазии), однако манифестного кератоконуса нет. Наилучшая корригированная острота зрения составляет $1,0$ на обоих глазах.

Диагностические соображения

Из-за небольшой толщины роговицы и слегка повышенного риска деформации роговицы стандартные лазерные методы, такие как LASIK или SMILE, здесь не рекомендуются. Поверхностные лазерные методы (TransPRK/SMART Pro) хотя и более щадящие по отношению к тканям, поскольку не требуют флэпа (роговичного лоскута), но необходимое удаление ткани все же остается рискованным. Поэтому тщательная оценка соотношения пользы и риска имеет решающее значение.

Рекомендуемый подход

Вариант А: **имплантация линзы (ICL)**. Поскольку при этом не удаляется ткань роговицы, стабильность роговицы полностью сохраняется. Вариант В: если ICL анатомически невозможна, можно рассмотреть **лечение SMART Pro/TransPRK в сочетании с кросслинкингом роговицы (CXL для повышения стабильности)**. Окончательное решение принимается после консультации у специалиста.



Цели обучения — что вы должны вынести

Анатомо-оптические

Понять, как возникают нарушения зрения (патологические изменения глаза) и как их можно хирургически компенсировать на роговице или хрусталике.

Технико-хирургические

Знать различные методы операций (такие как LASIK, SMILE, TransPRK, ICL и RLE) и уметь понятно их объяснить.

Клинико-практические

Знать, кто подходит для операции, когда ее лучше избегать (противопоказания) и как действовать при проблемах.

Научные

Уметь критически оценивать результаты глазных операций. При этом помогают стандартные показатели эффективности, безопасности и предсказуемости.

Спасибо за внимание

📄 **Материалы курса** будут предоставлены в цифровом виде.

