

# Имплантация регулируемого роговичного кольца в ламеллярный карман при кератоконусе

Albert Daxer, ДМН

## АННОТАЦИЯ

**ЦЕЛЬ:** На сегодняшний день не существует теории или метода, позволяющих предоперационно предсказать оптимальное расположение интрастромального имплантата для лечения кератоконуса, так же как не существует хирургической техники, позволяющей регулировать и оптимизировать положение кольца уже после его имплантации. В данной статье представлена хирургическая техника регулировки положения кольца в роговичном кармане.

**МЕТОДЫ:** После формирования в строме закрытого кармана диаметром 9 мм и глубиной вреза 300 мкм, эластичное кольцо имплантируется в роговичный карман через тоннельный микроразрез. После имплантации и оценки постоперационных клинических данных, положение имплантата в кармане может быть изменено для достижения оптимальных результатов операции.

**РЕЗУЛЬТАТЫ:** Быстрая, легкая в исполнении процедура. Регулировка расположения имплантата всего на 0.5 мм ближе к вершине конуса может существенно улучшить постоперационный результат.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ:** Представляемая техника позволяет хирургу контролировать все три характеристики интрастромального кольца, имплантированного в роговичную строму: диаметр, толщину и расположение. Это чрезвычайно важно при лечении роговицы нестандартной формы, например, при кератоконусе.

Кератоконус – невоспалительное заболевание роговицы, характеризующееся прогрессирующим истончением роговицы и сопряженной с ним эктазией. Аномальное расположение слоев коллагеновых волокон можно рассматривать как ультраструктурную основу недостатка биомеханической стабильности. Кератоконусом страдает 0.1 % населения западных стран, в других областях этот показатель может быть даже выше. Добавление объема на периферии роговицы за счет имплантации кольцевых сегментов в круговые роговичные тоннели может существенно улучшить остроту зрения и уменьшить крутизну роговицы в ее центральной части при кератоконусе. Такая процедура может отсрочить или исключить необходимость пересадки роговицы и дать возможность пациенту видеть лучше. Учитывая то, что при кератоконусе высокой степени роговица сильно деформирована, на сегодняшний день нет теории или метода, позволяющего предоперационно предсказать оптимальную позицию имплантата в каждом конкретном случае. Поэтому, необходимо принимать во внимание вероятность необходимости изменения положения имплантата после его размещения для достижения оптимальных результатов. Техника, описанная в данной статье, позволяет изменять положение имплантата в роговичном кармане. Это первая работа, описывающая влияние положения имплантата на результаты рефракции.

## ХИРУРГИЧЕСКАЯ ПРОЦЕДУРА

Хирургическая техника представляет собой трехшаговую процедуру, первые два шага которой уже описаны в литературе по лечению миопии высокой степени.

### ШАГ 1: СОЗДАНИЕ РОГОВИЧНОГО КАРМАНА

Формирование практически закрытого интрастромального кармана диаметром 9 мм и глубиной вреза 300 мкм, через микроразрез около 3 мм осуществляется при помощи микрокератома PocketMaker (DIOPTEX GmbH, г. Линц, Австрия). Это устройство состоит из вакуумного кольца; прозрачного одноразового аппланатора, определяющего глубину вреза, и вибрирующего алмазного лезвия, острие которого режет точно внутри окружности 9 мм без проникновения в остальную часть роговицы (Рис.1).

### ШАГ 2: ИМПЛАНТАЦИЯ

Интрастромальный имплантат MyoRing (DIOPTEX GmbH) – это эластичное кольцо диаметром 5 мм и толщиной 270 мкм, которое имплантируется в роговичный карман через тоннельный микроразрез (Рис.2). Номограмма определялась из теоретических расчетов, базирующихся на биомеханической модели роговицы, разработанной автором на основе экспериментальных данных. Данная номограмма учитывает толщину роговицы в ее наиболее тонком месте и значение K-reading в центре. Первоначально MyoRing центрируется на рефлекторной дуге роговицы. Разрез самогерметизируется, поэтому наложения швов не требуется. Чем меньше диаметр и больше толщина кольца,

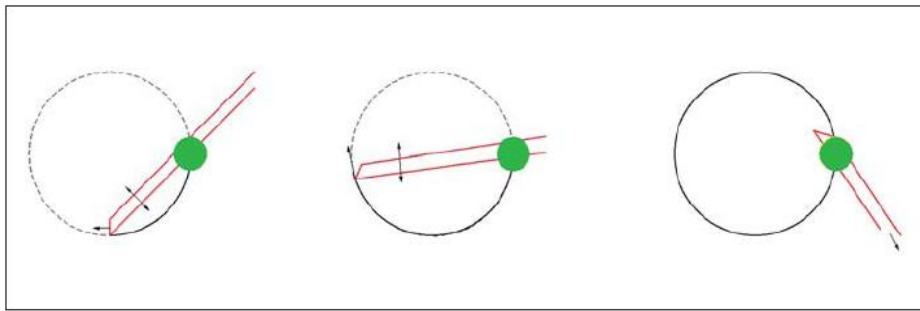


Рис.1 Схематическое изображение процесса формирования роговичного кармана с помощью PocketMaker (DIOPTEX GmbH) (слева направо). Вибрирующее алмазное лезвие (показано красным) вводится в уплощенную строму роговицы через тоннельный микроразрез. Тоннельный разрез также является точкой поворота (показано зеленым) для лезвия. Наконечник лезвия проходит по кривой (пунктирная линия), вырезая закрытый карман (сплошная линия). Единственным отверстием является область микроразреза.

тем больший корректирующий эффект может быть достигнут. Ограничивающим фактором может быть размер зрачка, но это не так важно, как в случаях коррекции миопии высокой степени.

### ШАГ 3: ИЗМЕНЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЕ ИМПЛАНТАТА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТА

Спустя 1 неделю после операции были получены данные по рефракции, топографии, а также перекрестные изображения Шаймпфлюга, сделанные с помощью Pentacam (Oculus Optikgeräte GmbH, Ветцлар, Германия). На основе этих данных стало ясно, что эффект от операции был усилен изменением положения имплантата. Для достижения подобного результата карман был заново приоткрыт с помощью шпателя, а имплантат был продвинут на 0.5 мм к вершине с помощью пинцета (Рис.3). Шаг сдвига кольца на 0.5 мм равен ширине MyoRing, что упрощает интраоперационные измерения. Шаг 3 может быть повторен несколько раз до достижения наилучшего результата рефракции. Причинами для проведения коррекции положения имплантата (Шаг 3) служат :

- показатель UCVA менее 20/40,
- возможность сдвига конуса дальше от центра,
- степень удовлетворенности пациента.

Хотя такие результаты достигаются не всегда, они могут служить практическим ориентиром. Следует ли в таких случаях имплантировать отдельные кольцевые сегменты разной толщины в круговые тоннели пока неясно.

Описанная процедура (Шаг с 1-го по 3-ий) выполняется быстро и легко. Создание роговичного кармана (согласно Шагу 1) - точная и безопасная процедура. До настоящего момента разрывы не случались даже при операциях на роговице толщиной от 360 мкм. Операции на роговице толщиной менее 360 мкм еще не проводились.

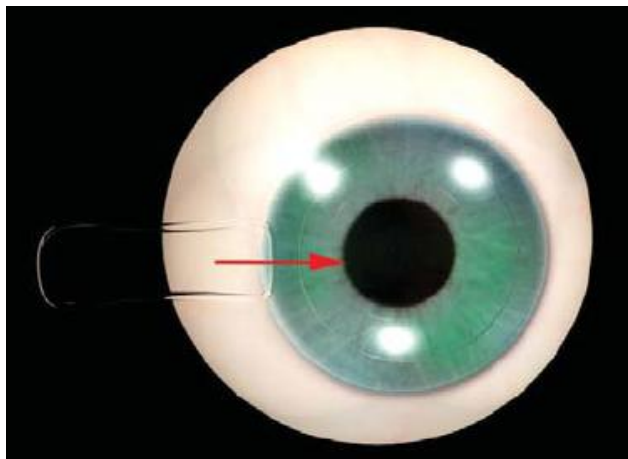


Рис. 2 Схематическое изображение ввода гибкого MyoRing (DIOPTEX GmbH) в роговичный карман через тоннельный микроразрез.

### ИСТОРИЯ БОЛЕЗНИ

Эффект применения новой хирургической техники для лечения кератоконуса описан на примере правого глаза 37-летнего пациента, страдающего кератоконусом 4-ой степени и непереносимостью жестких контактных линз.

### ПРЕДОПЕРАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

Четвертая степень кератоконуса была диагностирована на основе шкалы Pentacam. Показатель BSCVA равнялся 20/100 с рефракцией +3.00 -2.00 × 80°, показатель UCVA - 20/200. Предоперационная топография представлена на Рис.4 (слева). Максимальное значение К составляло 58.80 дпт, центральное значение К равнялось 53.60 дпт на самом крутом меридиане и 49.60 дпт на самом плоском меридиане (среднее значение 51.50 дпт). Толщина роговицы в самой тонкой части равнялась 384 мкм. Размер мезопического зрачка - 4 мм.

### ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Через три недели после имплантации MyoRing (5 мм в диаметре, 270 мкм толщиной), центрированного на рефлекторной дуге роговицы, показатель UCVA был равен 20/70, BSCVA - 20/63 с рефракцией +0.25 -0.50 × 65°. Центральное значение К равнялось 49.10 дпт и 40.90 дпт на (среднее значение 44.10 дпт). Топография представлена на Рис.4 (в центре). Субъективная рефракция не совсем соотносится с показателями топографии.

### ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЕРАЦИИ

После смещения MyoRing на 0.5 мм к вершине (Шаг 3) внутри роговичного кармана, клиническое обследование показало дальнейшее улучшение результатов. На 2-ой неделе постоперационного наблюдения, показатель UCVA был 20/40, показатель BSCVA - 20/30 с рефракцией +1.25 - 4.50 × 15°. Значения К равнялись 37.90 дпт и 42.50 дпт (среднее значение 40.10) (Рис.4, справа). Пациент был весьма удовлетворен показателем UCVA, поэтому дальнейших шагов по коррекции зрения предпринято не было. Ситуация была стабильна на протяжении 6-месячного послеоперационного обследования. Остаточный правильный астигматизм 4.50 дпт мог быть скорректирован в дальнейшем путем замены кольца на более толстое.

Хотя до сих пор случаев таяния роговицы или экстррузии имплантата не наблюдалось, все же нельзя полностью исключать вероятность возникновения подобных осложнений.

В отличие от имплантации кольцевых сегментов в круговые тоннели, описываемая здесь техника задействует центральную часть роговицы в процессе формирования кармана, однако передние и задние ламеллы так же прочно скреплены и между ними нет пространства. Т.к. это также случай, когда имплантат вводится между слоями, то было



Рис.3 Схематическое изображение, демонстрирующее положение имплантированного кольца до (слева) и после (справа) смещения. В процессе регулировки имплантат был смещен на 0.5 мм к вершине конуса.

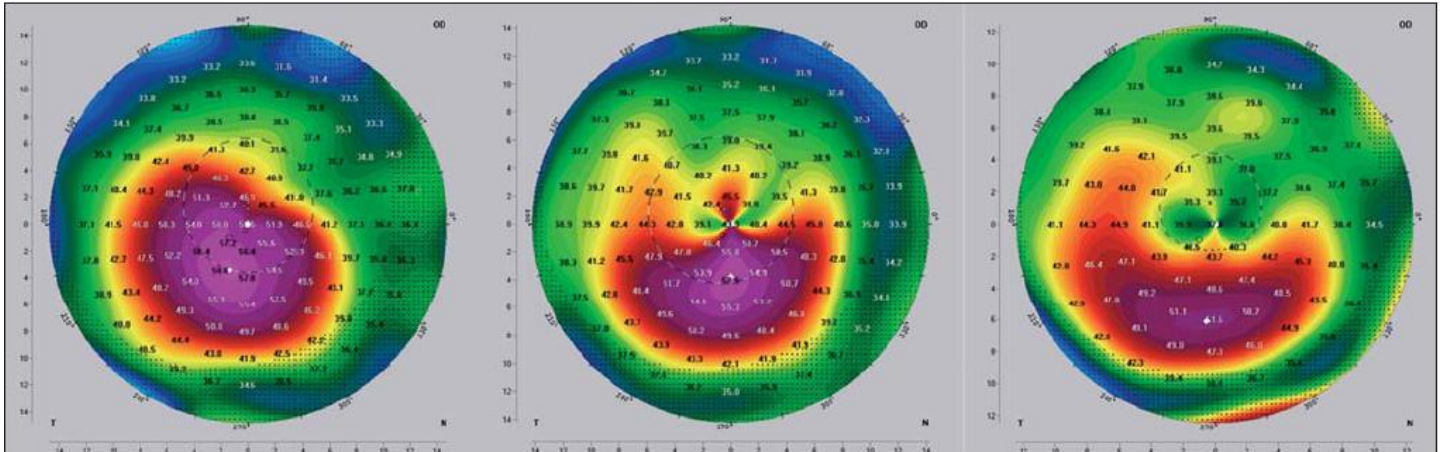


Рис.4 Топография осложненного кератоконуса до операции (слева), после имплантации MyoRing и размещения по центру (в центре) и после смещения кольца на 0.5 мм к вершине (справа).

бы правильной говорить о формировании скрытой борозды, чем кармана.

### КОММЕНТАРИИ

Описываемая техника лечения кератоконуса путем имплантации интрастромального кольца дает хирургу новый инструмент оптимизации результатов операции - положение имплантата. Как видно на Рис. 4, смещение имплантата всего на 0.5 мм значительно улучшает результат.

С теоретической точки зрения, наиболее подходящее положение имплантата зависит от индивидуальной формы роговицы и может отличаться в каждом конкретном случае. Однако на данный момент не существует метода, позволяющего предоперационно рассчитать оптимальное расположение имплантата при неправильной форме роговицы, например, при кератоконусе. Чтобы дать хирургу новый инструмент оптимизации операционных результатов, необходимо сделать возможным регулировку расположения кольца после имплантации. В традиционной роговичной имплантационной хирургии, позиция кольцевых сегментов тесно связана с расположением кругового роговичного тоннеля, поэтому положение кольцевых сегментов может быть изменено только вдоль тоннеля. Единственной возможностью смещения имплантата по отношению к центру является имплантация гибкого кольца в роговичный карман. Этот метод также позволяет устанавливать имплантат независимо от положения микрокератома.

Пока невозможно ответить на вопросы: позволяет ли эта техника обеспечить правильную форму роговицы в центре в каждом отдельном случае, или в каком случае эта

техника подойдет лучше, чем имплантация отдельных кольцевых сегментов в круговой роговичный тоннель.

Так как карман формируется в самой тонкой части роговицы (Рис.1), при глубине вреза кармана в 300  $\mu\text{m}$  данная процедура может быть применена на роговицах с минимальной толщиной 360  $\mu\text{m}$ .

Важным представляется вопрос, снижается ли биомеханическая стабильность роговицы при формировании роговичного кармана. С точки зрения биомеханики, такое ослабление стабильности маловероятно. Внутреннее давление в роговице распределяется более или менее параллельно к ее поверхности, магнитуа по большей части складывается из разницы транскорнеального давления (внутриглазное давление минус атмосферное давление). Поэтому «биомеханический каркас», представленный коллагеновыми волокнами, которые располагаются в виде около 200 упорядоченно уложенных ламеллярных слоев, расположен более или менее параллельно поверхности. Эти волокна и ламеллы сдерживают возникающее давление. Их способность сохранять стабильность роговицы, оказывая сопротивление механической силе и выдерживая транскорнеальное давление, зависит от поперечного профиля биомеханического каркаса. В случае с роговицей этот каркас представлен группой поперечных коллагеновых волокон, пронизывающих всю толщу роговицы. Поэтому, если разрез выполняется по направлению распространения натяжения в ткани, скажем, параллельно коллагеновым волокнам, нарушение биомеханической стабильности маловероятно. Если разрез выполняется перпендикулярно натяжению, как при проведении LASIK, когда коллагеновые

волокна перерезаются по периметру лоскута, то целый лоскут ткани перестает выполнять свою стабилизирующую функцию. Поэтому LASIK приводит к снижению биомеханической стабильности, что, в свою очередь, может привести к кератэктазии. Проблемы подобного рода не возникают при использовании описываемого метода, т.к. карман практически полностью закрыт по всему периметру, а единственный разрез сделан более или менее параллельно силам натяжения (= продольная ось коллагеновых волокон). Волокна прорезаны насквозь (перпендикулярно) лишь в месте тоннельного микроразреза. Так как карман не прикрывается лоскутом, а является закрытым почти по всему периметру, при имплантации гибкого кольца также создается более гладкая поверхность роговицы, которая удерживает aberrации высокого порядка на минимуме.

Описываемая теория базируется на принципах топологии - разделом геометрии, с которой вы можете ознакомиться самостоятельно.

К тому же, вследствие транскорнеального давления, имплантат «запирается» между передней и задней ламеллами, поэтому вероятность смещения имплантата без хирургического вмешательства крайне мала.

Поскольку кератоконус является прогрессирующим заболеванием, до сих пор не ясно, можно ли с помощью проведения данной процедуры контролировать его прогрессию.

Хотя описываемая хирургическая техника имеет потенциал для повышения эффекта при лечении кератоконуса, результаты долговременного постоперационного наблюдения большого количества пациентов пока еще не доступны.