

Куликова И.Л., Паштаев Н.П.

Чебоксарский филиал ФГУ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени акад. С.Н. Федорова Росмедтехнологии», г. Чебоксары

## ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РОГОВИЦУ GLASS-Yb:Er ЛАЗЕРА С ДЛИНОЙ ВОЛНЫ 1,54 МКМ

Авторами проведено морфологическое исследование роговицы кроликов после применения разных энергетических параметров воздействия Glass-Yb:Er лазера с длиной волны 1,54 мкм и доказано, что энергия излучения в пределах 150-160 мДж/см<sup>2</sup> и диаметр лазерного коагулята 0,3 или 0,2 мм являются оптимально безопасными для получения максимального рефракционного эффекта 5,0-6,0 дптр в эксперименте.

### Актуальность

Экспериментальные исследования по воздействию инфракрасных лазеров, в том числе с длиной волны 1,54 мкм, на роговицу были проведены многими учеными, и на основании этих исследований было создано новое поколение лазерных установок, снабженных волоконной оптикой, компьютеризированных и отличающихся высокой стабильностью работы [1,2,3,4,5]. В результате экспериментальных исследований было установлено, что сразу после коагуляции роговицы иттербий-эргиевым (Glass-Yb:Er) лазером во всех слоях обнаруживался очаг воздействия, имевший форму усеченного конуса, обращенного меньшим основанием в сторону заднего эпителия. В облученной роговице развивалась неспецифическая реакция на лазерное воздействие с последовательным развитием трех взаимообусловленных стадий: альтерации, пролиферации и рубцевания. Основные морфологические и биохимические превращения завершались в срок до 3 месяцев после лазерного воздействия [1-3]. Цитохимическими методами было установлено, что передний и задний эпителии роговицы, а также клетки стромы через 1 год после облучения Glass-Yb:Er лазером были жизнеспособны, а их функциональная активность находилась в пределах нормы. Одним из авторов было доказано, что наибольшее усиление рефракции при проведении лазерной термокератопластики (ЛТК) с использованием разных инфракрасных лазеров достигается излучением Glass-Yb:Er лазера с длиной волны 1,54 мкм. Причем, наибольший рефракционный эффект наступает при облучении роговицы с образованием коагулятов, геометрически расположенных в виде кольца в параоптической зоне с диаметром 4-5 мм [3].

Эти выводы совпадают с данными работ, проведенными А.И. Ивашиной с соавт. при определении оптимальных параметров инфракрасной кератопластики. Методики были признаны наиболее эффективными и перспективными для клинического применения [6].

В нашем исследовании использовалась лазерная установка «ЛИК-100», которая была создана Центром физического приборостроения Института общей физики Российской академии наук имени академика А.М. Прохорова и уже апробировалась ранее. Использовалась также лазерная установка «Glasser», которая была создана нами совместно с Научным Центром лазерных материалов и технологий Института общей физики Российской академии наук имени академика А.М. Прохорова и апробировалась впервые.

Эти лазеры, работающие на длине волны 1,54 мкм, имеют отдельный блок с пультом управления, соединенный оптическим волокном с формирующей системой, монтируемой на стандартной щелевой лампе. Важной особенностью формирующей системы является возможность получения коагулятов разного диаметра – от 100 до 600 мкм, что выгодно отличает его от аналогичных приборов, так как обеспечивает еще один дополнительный переменный параметр. Для прицеливания на объект (приборы являются лазерами неконтактного действия) используется видимое красное излучение гелий-неонового лазера с длиной волны 630 нм малой мощности.

Целью нашего исследования было обоснование энергетических параметров воздействия на роговицу Glass-Yb:Er лазера с длиной волны 1,54 мкм на основании морфологических исследований, а также зависимость

рефракционного эффекта от энергии лазерного излучения.

### **Материалы и методы**

Экспериментальная часть исследования выполнена нами на 10 кроликах породы Шиншилла. В эксперименте было проведено 15 операций ЛТК: 8 операций на «Glasser» и, для сравнения, 7 операций на «ЛИК-100». Это позволило нам выявить следующие закономерности.

При воздействии на роговицу кроликов излучением Glass-Yb:Er лазера в ней возникал ряд изменений, характер которых был обусловлен величиной энергии излучения в импульсе и размером пятна облучения.

При облучении энергией 110 мДж/см<sup>2</sup> и ниже в роговице получали лишь коагуляцию эпителия и передних отделов стромы. При энергии облучения 120-130 мДж/см<sup>2</sup> и более, в диаметре коагулята 0,2-0,4 мм возникал серо-белый коагулят, захватывающий все слои роговицы, в виде усеченного конуса, меньшим основанием, обращенным в сторону заднего эпителия. Причем при энергии излучения 140-165 мДж/см<sup>2</sup> в роговице возникал серо-белый коагулят, по периферии которого был венчик сероватого оттенка не более 1/2-1,0 диаметра коагулята в пределах эпителия. При энергии воздействия 175 – 180 мДж/см<sup>2</sup> и диаметре пятна 0,3 мм возникали складки десцеметовой мембраны. Складки десцеметовой оболочки возникали и при меньшей энергии излучения 160 мДж/см<sup>2</sup>, но при диаметре пятна облучения 0,5-0,6 мм. При использовании энергии облучения более 190 мДж/см<sup>2</sup> возникала сильная складчатость десцеметовой мембраны и обугливание эпителия. Использование высоких значений энергии вызывало формирование грубых складок роговицы, расходящихся лучами от коагулята. Все это приводило к интенсивному помутнению роговицы с нарушением ее сферичности.

При морфологическом исследовании роговицы подопытных животных через 6 месяцев после облучения Glass-Yb:Er лазером во всех ее слоях обнаруживался очаг воздействия, имевший форму усеченного конуса, обращенного меньшим основанием в сторону заднего эпителия роговицы. Толщина ро-

говицы в зоне облучения на 9-13% была меньше по сравнению с интактными участками. При энергии облучения 110-160 мДж/см<sup>2</sup> эпителиальный слой умеренно гиперплазирован, состоял из 4-10 рядов клеток с правильной вертикальной и горизонтальной анизоморфностью. Ультраструктурная организация клеток переднего эпителия облученного очага такая же, как и в необлученной роговице. Коллагеновые фибриллы в зоне очага облучения располагались более компактно, волокнистость отсутствовала. При энергии облучения 180-200 мДж/см<sup>2</sup> эпителий сильно гиперплазирован, состоял из 16-20 рядов клеток. В облученных участках роговицы ближе к эндотелию на фоне увеличения количества фибробластов выявлялась разволокнение структуры коллагена с образованием щелевидных полостей. На всех срезах эндотелий роговицы в зоне облучения не поврежден. Результаты морфологических исследований отражены на рис. 1-3.

Нами не было замечено каких-либо существенных отличий в работе двух используемых нами лазерных установок.

Для измерения оптической силы роговицы в эксперименте с Glass-Yb:Er лазером использовали следующие параметры: энергия импульса 130-180 мДж/см<sup>2</sup>, размер аппликаций 0,2-0,5 мм, время воздействия 0,5-1,0 мс. Лазерную коагуляцию роговицы выполняли в 12 меридианах по 2-4 коагулята в каждом меридиане и с оптической зоной 5,5 мм.

Кератометрические данные и данные рефракции оценивали через 1, 3, 6 и 12 месяцев после операции в центральной оптической зоне роговицы.

### **Результаты и обсуждения**

Оценка состояния глаза животного проводилась с применением биомикроскопического осмотра, фокальным и боковым освещением. В 1-й день после операции был отмечен небольшой отек с дефектами эпителия в зоне нанесения коагулятов и небольшое раздражение глаза – легкая перикорнеальная инъекция. Местно закапывали 0,25%-ный раствор левомецетина и 0,01%-ный раствор цитраля. Через 1 день после операции симптомы раздражения стихали, наступала пол-

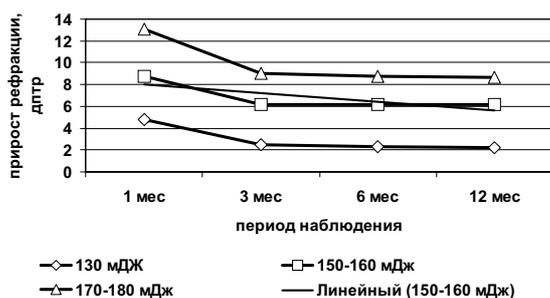


Рисунок 4. Динамика зависимости прироста рефракции от энергии излучения в эксперименте ( $M \pm m$ , дптр)

ная эпителизация, между коагулятами отмечали выраженные «стяжки»: линейные протяжки между коагулятами в строме роговицы, достигающие до десцеметовой оболочки. Интенсивность помутнения в пределах коагулята роговицы, начиная с 4-го дня после операции, снижалась. Через 1 месяц офтальмоскопически в зоне операции определялись лишь легкие помутнения с нежными «стяжками» между коагулятами при изначальном диаметре коагулятов 0,2-0,4 мм и энергии излучения 130-160 мДж/см<sup>2</sup>. Участок коагуляции роговицы сохранялся в виде полупрозрачного пятна и в более отдаленные сроки (1 год). В случае размера коагулята 0,5 мм и энергии излучения 150-160 мДж/см<sup>2</sup>, а так же при размере коагулята 0,2-0,3 мм и энергии излучения более 170 мДж/см<sup>2</sup>, помутнения на роговице были более выраженные и грубые. Центральная оптическая зона оставалась интактной в любом режиме излучения на протяжении всего срока наблюдения. Ни в одном случае при офтальмологическом обследовании глаз подопытных животных не было обнаружено повреждений радужки, хрусталика, сетчатки и воспалительных реакций как в ранние сроки после операции, так и в поздние сроки – через 6-12 месяцев.

Результаты исследований по изменению оптической силы роговицы кроликов после Glass-Yb:Er ЛТК отражены на рис.4.

Как видно из таблицы 1, Glass-Yb:Er ЛТК способна усилить оптическую силу роговицы подопытных животных через 1 месяц после операции в пределах 9,0 дптр, через 3 месяца в пределах 5,0-6,0 дптр. Рефракционный эффект стабилизировался к 6-му месяцу после операции и не изменялся в течение 12 месяцев.

В эксперименте была доказана способность роговицы изменять свою кривизну и преломляющую силу в результате дозированного лазерного излучения с длиной волны 1,54 мкм. В результате сокращения коллагена стромы роговицы на дозированное лазерное воздействие, создавалась силовая зона между соседними коагулятами по периферии роговицы, которая уменьшала диаметр периферической части роговицы. За счет этого центральная зона роговицы приобретала более выпуклую форму, радиус ее кривизны уменьшался, а оптическая сила увеличивалась. Степень усиления рефракции регулировалась количеством коагулятов и меридианов, а также интенсивностью лазерного воздействия.

Было установлено, что при использовании Glass-Yb:Er лазера энергия излучения 170-180 мДж/см<sup>2</sup> дает самый максимальный рефракционный эффект – 8,0 дптр, но при этом оказывается сильное повреждающее действие на ткани роговицы, что приводит в последующем к помутнению роговицы. На графике (рис.5) видно, что энергия излучения 130 мДж/см<sup>2</sup> дает рефракционный эффект не менее 4,0 дптр после операции, однако в последующем он был нестабильным и снижался в среднем до 2,0 дптр. Энергия излучения в пределах 150-160 мДж/см<sup>2</sup> и диаметр аппликаций 0,3 или 0,2 мм – наиболее оптимальные параметры для получения рефракционного результата в среднем 5,0 – 6,0 дптр. При работе в этом режиме оказывается минимальное повреждающее действие на окружающие ткани роговицы.

### Выводы

1. Энергия излучения в пределах 150-160 мДж/см<sup>2</sup> и диаметр лазерного коагулята 0,3 или 0,2 мм являются наиболее оптимальными параметрами для безопасного применения Glass-Yb:Er лазера с длиной волны 1,54 мкм и получения рефракционного результата в среднем 5,0 – 6,0 дптр.

2. Рефракционный эффект ЛТК определяется диаметром лазерного коагулята и энергетическими параметрами лазерного воздействия на роговицу.

**Список использованной литературы:**

1. Березин Ю.Д., Бойко Э.В., Волков В.В. и др. Особенности коагуляционного действия излучения ИК (1-3 мкм) лазеров на роговицу глаза // Офтальмол. журн. – 1996.– №4.– С. 238-240.
2. Волков В.В. Об основных факторах взаимодействия лазерной энергии со структурами глаза // Офтальмол. журн. – 1995.– №5-6.– С. 271-277.
3. Гацу А.Ф. Инфракрасные лазеры (1-3 мкм) в хирургии наружных отделов глаза (клинико-экспериментальное исследование): Автореф. дисс.... д-ра мед. наук.– С-Пб., 1995.– 40с.
4. Семенов А.Д., Сорокин А.С., Магарамов Д.А., Канода А.Н. Применение иттерий – эрбиевого лазера для хирургической коррекции гиперметропии и гиперметропического астигматизма// Хирургические методы лечения близорукости: Сб. науч.тр.-М.:1984.-С.72-78.
5. Сорокин А.С. Сравнительная оценка лазерной коррекции аномалий рефракции глаза // Физиология и патология механизмов адаптации органа зрения: Тез. докл.науч. конф. – Владивосток, 1983.– Т.4.– С. 109-111.
6. Ивашина А.И., Гудечков В.Б., Александрова О.Г. и др. Методика определения оптимальных параметров инфракрасной кератопластики с применением персональных компьютеров: Метод. рекомендации // МНТК «Микрохирургия глаза».– М., 1988.– 12с.

Иллюстрации на стр. 194