

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ТРАНСПЛАНТАТОВ ДЛЯ ОФТАЛЬМОХИРУРГИИ**

Проведено экспериментально-морфологическое исследование аллотрансплантатов для офтальмохирургии, моделированных лазерным излучением. Установлено, что моделирование с подбором оптимального режима лазерной резки и учетом особенностей фиброархитектоники трансплантатов позволяет максимально сохранить их структуру, и не оказывает отрицательного влияния на процессы замещения и регенерации тканей при пересадке.

**Ключевые слова:** офтальмохирургия, соединительнотканые аллотрансплантаты, лазерное моделирование.

### **Актуальность**

Успех любой пластической операции с использованием аллотрансплантатов в значительной степени определяется качеством последних, которое, в свою очередь, зависит от совокупности стадий технологического процесса их изготовления. Поэтому совершенствование технологий изготовления и увеличение производства соединительнотканых трансплантатов является достаточно актуальной задачей [1]. В технологическом процессе изготовления трансплантатов существует этап моделирования формы. Этап «выкраивания» трансплантатов традиционно осуществляется при помощи скальпеля, ножниц, трепана или штампа, так как для выполнения микрохирургических операций трансплантаты должны строго соответствовать заданным размерам. В лаборатории консервации тканей Всероссийского центра глазной и пластической хирургии предложен новый метод моделирования соединительнотканых трансплантатов для офтальмохирургии при помощи CO<sub>2</sub>-лазера [2].

### **Цель исследования**

Экспериментально-морфологически обосновать применение лазерного излучения при моделировании аллотрансплантатов для офтальмохирургии.

### **Материал и методы**

Донорские ткани (твердая оболочка головного мозга, дерма опорных участков стопы, фиброзная капсула почки, подкожная жировая клетчатка) обрабатывали и консерви-

ровали по технологии Аллоплант, разработанной во Всероссийском центре глазной и пластической хирургии (ВЦГПХ) г. Уфа (патент РФ №2189257). Моделирование полученных соединительнотканых трансплантатов проводили с помощью комплекса лазерного моделирования, разработанного по проекту специалистов лаборатории консервации тканей ВЦГПХ в Российском Федеральном ядерном центре (г. Саров). Испытуемые образцы по способу изготовления (моделирования) разделили на две группы: контрольная – вырезаны трепаном, экспериментальная – вырезаны лазером. Форма всех образцов круглая – диаметр 10 мм. Для моделирования экспериментальных образцов использовали непрерывный и импульсный режимы работы лазера. Образцы были смоделированы при длине волны лазерного излучения 10,6 мкм. Мощность, скорость излучения и количество проходов лазерного луча подбирали опытным путем в зависимости от фиброструктуры и толщины ткани. Первоначально эффективность лазерного реза соединительнотканых трансплантатов оценивали макроскопически (отсутствием карбонизации по краю трансплантата), затем для подтверждения сохранности структуры проводили морфологические исследования трансплантатов. Для изучения структуры соединительнотканых трансплантатов после воздействия лазерного излучения был использован комплекс методов исследования: гистологические, электронно-микроскопические (трансмиссионная и сканирующая микроскопия), количественный поляризационно-оптический анализ,

морфометрия структуры краевой зоны трансплантата, биомеханические методы исследования, имплантация соединительнотканых трансплантатов экспериментальным животным (кроликам), статистические методы.

### Результаты исследования и обсуждение

Результаты наших исследований показали, что моделирование формы различных соединительнотканых трансплантатов с учетом особенностей их фиброархитектоники и подбором оптимального режима лазерной резки позволяет максимально сохранять структуру волокнистого остова трансплантатов и их регенераторные свойства, то есть не оказывает отрицательного влияния на процессы замещения и регенерации тканей при пересадке. Нами выявлено, что изменение структуры соединительнотканых трансплантатов после воздействия лазерного излучения зависит от особенностей фиброархитектоники самой ткани, то есть пространственной ориентации коллагеновых волокон и толщины их пучков, количества слоев пучков коллагеновых волокон в ткани. Чем тоньше пучки коллагеновых волокон, шире межпучковые пространства и меньше толщина моделируемой ткани, тем менее выражены деструктивные изменения в зоне лазерного реза.

Моделирование формы при помощи трепана приводит к продольному расщеплению пучков волокон по линии реза у всех исследуемых соединительнотканых трансплантатов. При лазерном же моделировании в зоне реза наблюдается минимальная очаговая деструкция пучков коллагеновых волокон, ширина которой варьирует от 2 до 6 мкм (для трансплантатов твердой оболочки головного мозга – 2–4 мкм, для трансплантатов дермы опорных участков стопы – 4–6 мкм, для трансплантатов фиброзной капсулы почки – 1–2 мкм, для трансплантатов подкожной жировой клетчатки – 1–2 мкм). Деструктивные изменения в зоне лазерного реза сопровождаются уплотнением волокнистых структур соединительнотканых трансплантатов.

Результаты биомеханических исследований подтвердили сохранение фиброархитектоники трансплантатов, моделированных лазерным лучом. Изучение пластических свойств соединительнотканых трансплантатов показало, что показатели прочности «шовной фиксации»

краевой зоны трансплантатов твердой оболочки головного мозга и фиброзной капсулы почки, моделированных лазерным излучением, не изменяются, а для трансплантатов дермы опорных участков стопы возрастают в 1,5 раза по сравнению с контрольными образцами (вырезанными трепаном). Этот факт мы связываем с высокой плотностью пучков коллагеновых волокон, которые в зоне реза подвергаются «структурной сшивке», обеспечивающей укрепление краевой зоны трансплантата.

Нами была изучена динамика процессов замещения моделированных лазерным лучом соединительнотканых трансплантатов в эксперименте на животных. Пластика конъюнктивы глаза кроликов была проведена с использованием аллотрансплантатов фиброзной капсулы почки. Динамика резорбции и замещения трансплантатов, моделированных лазерным излучением, была идентична таковой имплантированных трансплантатов, вырезанных трепаном вручную. При пересадке моделированные лазерным лучом трансплантаты так же постепенно резорбируются макрофагами и замещаются полноценным соединительнотканым регенератом. Имплантированные ткани в обоих случаях способствовали стимуляции регенерации структурных элементов конъюнктивы глаза, что приводило к полноценному заживлению созданных дефектов.

В результате проведенных исследований были разработаны оптимальные режимы лазерного излучения, не нарушающего структуру аллотрансплантатов. Максимально сохранить фиброархитектонику моделируемых соединительнотканых трансплантатов позволяет использование разных режимов работы лазера в комплексе с увлажнением и обдувом места лазерного реза. Режимы лазерной резки мы разрабатывали с учетом особенностей архитектуры часто применяющихся в офтальмохирургии трансплантатов твердой оболочки головного мозга, дермы опорных участков стопы, фиброзной капсулы почки и подкожной жировой клетчатки. Мы пришли к выводу, что одним из факторов, определяющих характер структурных изменений в соединительнотканых трансплантатах при моделировании, является мощность и скорость лазерного излучения. Опытным путем для каждого вида ткани был разработан оптимальный режим лазерной резки, а именно: для трансплантатов твердой

оболочки головного мозга – мощность 10 Вт и скорость 3,5 см/сек, в один проход лазерного луча; для трансплантатов дермы опорных участков стопы – мощность 30 Вт и скорость 10 см/сек, в один проход лазерного луча; для трансплантатов фиброзной капсулы почки – мощность 10 Вт и скорость 7 см/сек, в три прохода лазерного луча; для подкожной жировой клетчатки – мощность 10 Вт и скорость 7 см/сек, в шесть проходов лазерного луча.

#### **Заключение**

Предложенная технология лазерного моделирования соединительнотканых трансплантатов позволяет значительно повысить эффективность их производства, обеспечивает суперточную, высокопроизводительную резку биологических тканей на заданные геометрические формы, исключает загрязнение ткани, что позволяет обеспечить конечный эффективный результат хирургической коррекции.

22.09.2014

---

#### **Список литературы:**

1. Инновационные технологии в хирургии – альянс творчества и стандартизации / Э.Р. Мулдашев [и др.] // Материалы IV Межрегиональной научно-практической конференции «Метрология и инженерное дело в медико-биологической практике». – Оренбург, 2009. – С. 60–62.
2. Шангина, О.Р. Лазерное моделирование соединительнотканых трансплантатов / О.Р. Шангина, Р.Д. Гайнутдинова // Морфология, 2008. – Т. 133, №2. – С. 153.

Сведения об авторах:

**Шангина Ольга Ратмировна**, заведующий лабораторией консервации ткани, ведущий научный сотрудник Всероссийского центра глазной и пластической хирургии Минздрава РФ, доктор биологических наук

**Мусина Ляля Ахияровна**, заведующий лабораторией электронной микроскопии отдела морфологии, ведущий научный сотрудник Всероссийского центра глазной и пластической хирургии Минздрава РФ, доктор биологических наук

**Гайнутдинова Раушания Дамировна**, научный сотрудник лаборатории консервации ткани Всероссийского центра глазной и пластической хирургии Минздрава РФ

**Булгакова Людмила Александровна**, научный сотрудник лаборатории консервации ткани Всероссийского центра глазной и пластической хирургии Минздрава РФ

450075, г. Уфа, ул. Р. Зорге 67/1, e-mail: alloOlga@mail.ru