

Применение углеродных нанотрубок в лазерной реконструкции сложных дефектов кожи

Сучкова В.В.^{1,2}, Галиченко К.А.^{1,3}, Блинова Е.В.^{2,4}, Герасименко А.Ю.^{1,2}

molodykh1999@gmail.com

¹ Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», Москва, Зеленоград, Россия

² ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия

³ ООО «Клиника на Кутузовском», Москва, Россия

⁴ Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

Несмотря на повсеместное использование, хирургические швы и скобы неизбежно вызывают дополнительную травматизацию, нарушают микроциркуляцию и могут приводить к формированию грубых рубцов. Особенно остро этот вопрос стоит при восстановлении дефектов сложной геометрии, где неравномерное натяжение тканей затрудняет достижение качественного эстетического и функционального результата.

Для решения этих задач была разработана и протестирована технология лазерной реконструкции с использованием нанокompозитного материала. Его основу составляет биополимерная матрица из 25 масс.% сывороточного альбумина, армированная одностенными углеродными нанотрубками 0,1 масс.%. Добавление нанотрубок позволяет создать прочный трехмерный каркас в зоне шва, а введение хромофора (индоцианина зеленого 0,1 масс.%) обеспечивает эффективное поглощение лазерного излучения. Технологический процесс реализуется с помощью диодного лазера с длиной волны 810 нм, оснащенного обратной связью по температуре. Система позволяет поддерживать нагрев в зоне воздействия на уровне 50 °С, что достаточно для коагуляции белка, но исключает термический ожог окружающих тканей.

Апробация метода проводилась в рамках хронического эксперимента на 18 лабораторных крысах линии Wistar. Для имитации сложных клинических условий на коже животных формировались дефекты методом Z-пластики. Динамическое наблюдение в течение 90 суток показало значительное превосходство лазерной технологии над стандартным ушиванием. Уже к 30-м суткам в опытной группе завершалась полная эпителизация без признаков воспаления, а к финалу эксперимента зона вмешательства становилась практически неотличимой от здоровой кожи.

Объективные показатели подтвердили высокую эффективность метода. Ширина формирующегося рубца при лазерной пайке составила всего 0,5 мм, в то время как при наложении швов она достигала 2 мм. Испытания на механическую прочность продемонстрировали, что к 90-м суткам лазерный шов выдерживает нагрузку до 4,0 МПа, что соответствует характеристикам интактной кожи и значительно превышает показатели контрольной группы. Таким образом, сочетание углеродных нанокompозитов и прецизионного лазерного воздействия позволяет достигать герметичного соединения тканей и высокого косметического эффекта, открывая новые перспективы в реконструктивной медицине.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России (Проект FSMR-2024-0003).