

Прочность и структура лазерных сварных швов биоткани, получаемых при использовании белкового припоя с нанотрубками

Римшан Ирина Борисовна¹, Рябкин Дмитрий Игоревич²

1 - Национальный исследовательский университет «МИЭТ», Москва, Россия; 2 -

Национальный исследовательский университет «МИЭТ», Москва, Россия

E-mail: ira.rimshan@mail.ru

Использование лазеров для соединения рассечённых биотканей является развивающейся новой технологией, которая может заменить традиционные методы хирургии. Сварное соединение формируется за счёт нагревания участка биоткани лазерным лучом до температуры немного выше порога коагуляции белка. Для увеличения прочности соединения свариваемой биоткани на поверхность будущего шва наносят специальное вещество - припой. В случае использования белковых припоев снижается вероятность возникновения воспалительных реакций и образования тромба на свариваемом участке.

Разработана методика поточечного получения сварного соединения биоткани с помощью белкового припоя с добавлением одностенных (ОУНТ) или многостенных углеродных нанотрубок (МУНТ) в концентрации 0,1-1,0 масс.%. Для получения припоя водный раствор с добавлением нанотрубок подвергается воздействию ультразвукового гомогенизатора. После к раствору добавляется белок альбумин и перемешивается на магнитной мешалке с последующей обработкой в ультразвуковой ванне.

В качестве биоткани была выбрана слизистая оболочка желудка свиньи. Лазерная сварка осуществлялась с помощью диодного лазера с длиной волны порядка 800 нм. Сварной шов формировался с помощью поточечного воздействия лазерного излучения по всей длине предварительно полученного рассечения биоткани. Для предотвращения обгорания свариваемой биоткани, а также для увеличения прочности сварного соединения использовалась адаптивная система термостабилизации. Минимизация попадания лазерного излучения на здоровую биоткань, прилегающую к месту соединения, осуществлялась за счёт вывода параллельного пучка лазерного излучения из оптического коллиматора.

По окончании процедуры сварки, с помощью цифрового динамометра проводились измерения прочности лазерных швов. Рассчитана относительная прочность, как отношение величин прочности сварных швов к нерассечённому контрольному образцу биоткани. Было получено, что максимальная относительная прочность, достигающая порядка 56 %, была получена при добавлении в белковый припой МУНТ в концентрации 1,0 мас.%. Минимальная относительная прочность была получена при добавлении в лазерный наноприпой ОУНТ в концентрации 1,0 мас.%, она не превышала 23 %. Вероятно, это связано с наиболее выраженной степенью агрегации ОУНТ под действием ковалентной связи.

С помощью метода рентгеновской микротомографии были проведены исследования 3-D структуры лазерного соединения биоткани. В присутствии МУНТ 3-D структура показала однородность полученного лазерного шва и плотное прилегание соединяемых краёв биоткани, в отличие структуры шва при использовании припоя на основе ОУНТ, имеющего несоединённые участки.

Слова благодарности

Выражаем благодарность научному руководителю, доценту кафедры биомедицинских систем МИЭТ, к.ф.-м.н. Герасименко Александру Юрьевичу. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства Образования и Науки (Соглашение 14.575.21.0044, RFMEFI57514X0044).