

УДК 537.634

МАГНИТНЫЕ АКТУАТОРЫ ДЛЯ МАЛОИНВАЗИВНОЙ ТРОМБОЭКСТРАКЦИИ

Пожиткова А.В., Кладько Д.В.

Научный руководитель – д.х.н., доцент Виноградов В.В.

Университет ИТМО

В работе рассмотрен новый малоинвазивный подход к лечению тромбоза. Данный метод основан на использовании мягкого магнитоуправляемого материала с эффектом памяти, который способен изменять свою форму под действием магнитного поля. Определены характеристики материала, его свойства и способ реализации, а также проведен ряд экспериментов для задач тромботической терапии, используя специальное магнитное оборудование и фибриновые тромбы.

Введение

В настоящее время основной причиной смертности являются сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ). По данным Всемирной организации здравоохранения от ССЗ умерло 17,9 миллиона человек (данные на 2016 год), что составляет 31% всех случаев смерти в мире.

Современная медицина использует инвазивные способы лечения тромбоза, такие как стент-ретривер, транслюминальная баллонная ангиопластика и другие. Данные методы могут привести к инфекции, кровотечению, миграции и повторному образованию тромбов, а также к значительным внутренним повреждениям сосуда, что является крайне опасными последствиями для пациентов.

Основная часть

Рассматривается магнитоуправляемый мягкий материал с эффектом памяти, который способен принять любую желаемую форму под действием магнитного поля после процесса «программирования» данного материала. Предложенный нами композит состоит из магнитных наночастиц, встроенных в полимерную матрицу, инкапсулированных в эластомерную базу.

Концепция нашей работы состоит в введении композита в сосуд через хирургический разрез и доставки его до места сужения сосуда (до тромба) с помощью постоянного магнитного поля. Далее используя магнитное поле с противоположным направлением, мы изменяем форму композита на спиральную форму, которая является наиболее разрушительной для нашей цели, и вкручиваем материал в тромб, используя вращающееся магнитное поле. Таким образом, мы захватываем тромб и выводим систему из организма.

Для программирования материала необходимо нагреть его до температуры плавления полимера (PEG – полиэтиленгликоль) с целью свободного перемещения магнитных частиц в эластомерной матрице (Ecoflex 00-30 (Smooth-on Inc.)). Далее мы помещаем наш материал в специальную магнитную установку, имеющую соответствующую топологию поля для программирования материала в спиральную форму. В зависимости от приложенных полей материал фиксирует свои магнитные домены, пока охлаждается до температуры ниже температуры плавления полимера.

Выводы

Для реализации композита был подобран, оптимизирован и охарактеризован синтез магнитных наночастиц FeCo, экспериментально установлены параметры используемого полимера и эластомерной матрицы.

Была разработана и реализована методика программирования магнитного композита с помощью специальной магнитной установки, свойства которой были проанализированы и оценены с помощью программного обеспечения COMSOL Multiphysics 5.5.

Перепрограммируемый магнитный композит был испытан в различных магнитных полях на магнитной установке TOR, работа которой основана на использовании трехплоскостных катушек Гельмгольца. Также были проведены эксперименты по

тромбоэкстракции фибриновых сгустков с использованием тромболитика «Альтеплаза» в концентрации 0.8 мг/мл.

В результате работы было обнаружено, что наш магнитомягкий материал может быть перепрограммирован и способен принять любую желаемую форму под действием магнитного поля. Кроме того, было экспериментально доказано, что данный материал может быть использован для тромбоэкстракции.

В работе проведено исследование механизмов программирования и управления мягкого магнитного материала с эффектом памяти. Используемый в работе подход может позволить открыть новые возможности для разработки малоинвазивной хирургии терапии тромбозов, которая будет менее вредной и гораздо более комфортной для пациентов.

Пожиткова А.В. (автор)

Подпись

Виноградов В.В. (научный руководитель)

Подпись