СИНТЕЗ, МОРФОЛОГИЯ И СВОЙСТВА АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫХ НАНОКОМПОЗИЦИОННЫХ МЕТАЛЛСОДЕРЖАЩИХ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ

А.В. Рогачев, М.А. Ярмоленко, А.А. Рогачев, Д.В. Тапальский
Учреждение образования «Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины»
rogachev78@mail.ru

Инфекция искусственных суставов, сосудов и других имплантатов при их введении в живой организм остается главной проблемой в современной медицине. Бактериальная адгезия к полимерной поверхности и последующая колонизация являются первичными важными стадиями в развитии инфекции. Подавление инфекций может осуществляться системно или местно подходящими лекарственными веществами (антибактериальными препаратами). Однако системное применение антибактериальных препаратов осложнено рядом проблем. Чтобы системно обеспечить эффективную концентрацию антибактериальных препаратов, требуются относительно высокие их дозы. Для достижения бактерицидного эффекта на микроорганизмы в составе биопленок требуются концентрации антибактериальных препаратов в 500-5000 раз превышающие минимальные ингибирующие концентрации для конкретных микроорганизмов, рассчитанные in vitro. Это является затруднительным и чаще всего требует удаления медицинского изделия. Инфекционные послеоперационные осложнения могут явиться причиной как резкого ухудшения самочувствия пациента, так, в ряде случаев, причиной его смерти.

Целью исследований являлись поиск и разработка технических решений, направленных на подавление инфекции, возникающей в связи с использованием медицинских изделий, путем электронно-лучевого формирования нанокомпозиционных покрытий на основе ципрофлоксацина и наночастиц металлов на поверхности изделия, имплантируемого в организм [1 – 4].

Определены оптимальные режимы электронно-лучевого формирования антибактериальных покрытий, в которых в качестве полимерной матрицы выступает полиуретан, биосовместимый и биодеградируемый полилактид, а в качестве биоцидных компонентов – ципрофлоксацин, наночастицы серебра и меди. Полимерная матрица предохраняет наночастицы от взаимодействия с окружающей средой, что неизбежно бы сопровождалось снижением антибактериальной активности металла.

Установлены оптимальные конструкции композиционных слоев в зависимости от назначения имплантата. В качестве материала покрытия элементов аппарата Иллизарова предложено использовать композиционные слои в состав которых входят полиуретан, полилактид, ципрофлоксацин и наночастицы серебра.

Установлены кинетические зависимости высвобождения из осаждаемых покрытий лекарственных компонентов: ципрофлоксацина и наночастиц серебра [4]. Показано, что композиционные покрытия на основе полилактида, содержащие наночастицы серебра, характеризуются экспоненциальным характером вымывания компонентов покрытия. Скорость высвобождения серебра определяется гидрофобными и гидрофильными свойствами полимерной матрицы. Показано, что высокую постоянную скорость высвобождения ципрофлоксацина возможно достигнуть при использовании биодеградируемого полилактида. Снизить скорость высвобождения лекарственного препарата можно как путем изменения доли полилактида в покрытии, так и физическими методами, например, путем предварительной обработки поверхности подложки в плазме тлеющего разряда.

Антибактериальные исследования выявили высокую антимикробную активность осаждаемых покрытий в отношении широкой номенклатуры патогенных микроорганизмов, в частности Escherichia coli и Staphylococcus aureus и грибостойкость в отношении Candida albicans [2].

На основании результатов выполненных исследований сделано заключение о том, что образцы медицинских перевязочных материалов с нанесенным антибактериальным покрытием на основе наночастиц серебра, по изученным санитарно-химическим, органолептическим, и токсикологическим показателям полностью соответствуют требованиям действующих НПА (СанПиН 1.1.12-30-2006, Инструкция 1.1.10-12-41-2006).

Проведенные клинические испытания показали перспективность использования покрытий для модифицирования имплантатов, в частности, элементов аппарата Илизарова.

Литература

1. M.A. Yarmolenko Biocompatible antibacterial polymer coatings with ciprofloxacin extended release / M.A. Yarmolenko, D.V. Tapal'skiĭ, A.V. Rogachev, A.A. Rogachev, A.I. Kozlova // Antibiot Khimioter. 2007;52(11-12):3-7.

2. Tapalski D. Antimicrobial effect of coatings containing silver nanoparticles against multiresistant microorganisms / D. Tapalski D, A. Kazlova, T. Petrovskaya, M. Yarmolenko, A. Rogachev // European Journal of Medical Research. – 2009. – Vol. 14. – Suppl. 2. – P. 145.

3. D. Tapalski D, Kazlova A., Yarmolenko M. Antibacterial activity of biocompatible polymer coating with ciprofloxacin extended release // European Journal of Medical Research. – 2009. – Vol. 14. – Suppl. 2. – P. 58.

4. Heat treatment impact on molecular structure of polymer-based silver containing coatings deposited from the active gas phase / A.A. Rogachev, M.A. Yarmolenko, Xiaohong Jiang, A.V. Rogachev, Ruiqi Shen, Zhou Yingjie // Progress in Organic Coatings. – 2015. – V.81. – P 80 – 86.