

УДК 620.3:617.3

**Романець М.Р.** студентка 2-го курсу спеціальності 132 Матеріалознавство  
**Науковий керівник: Лінник О.В.,** доцент кафедри механічної та біомедичної інженерії

(Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна)

## НАНОСТРУКТУРОВАНІ ПОВЕРХНІ ТА ПОКРИТТЯ ЯК СТРАТЕГІЯ БОРОТЬБИ З БАКТЕРІАЛЬНОЮ АДГЕЗІЄЮ НА ОРТОПЕДИЧНИХ ІМПЛАНТАТАХ

Інфекція, пов'язана з біоматеріалом, є катастрофічним ускладненням сучасної ортопедичної хірургії, яке часто призводить до тривалого болю та функціональних втрат пацієнта. Попри міжнародні зусилля, спрямовані на мінімізацію ризику цих інфекцій, ортопедичні операційні інфекції (ООІ) продовжують виникати в приголомшливій кількості. За сучасними оцінками, до 2,5% первинних ендопротезувань кульшового та колінного суглобів і до 20% ревізійних ендопротезувань ускладнюються перипротезною інфекцією суглоба (ПІС). Золотистий стафілокок є основною причиною як ООІ, так і ПІС, а поширеність метицилін-резистентного *S. aureus* (MRSA) ООІ та ПІС зростає. Як правило, глибока інфекція призводить до видалення імплантатів і, як наслідок, до зростання захворюваності та навіть смертності. Крім того, терапія ПІС пов'язана з величезними витратами [1].

Одним з методів профілактики періопераційних інфекцій є нанесення на імплантат антибактеріальних покриттів, які запобігають адгезії, колонізації та проліферації бактерій у навколишній тканини. Антибактеріальна активність більшості металевих покриттів тісно пов'язана з іонною або нано формою, а не з об'ємним матеріалом. Незважаючи на численні дослідження, рутинне покриття імплантатів таким тонким шаром металу все ще не є стандартом. Основними перешкодами, що заважають більш широкому використанню таких технологій, є цитотоксичність і, як наслідок, зниження біосумісності. Крім того, створення інтерфейсу покриття-субстрату, достатньо міцного, щоб витримати механічні навантаження, пов'язані з хірургічним введенням імплантату і максимальним навантаженням в природних умовах, залишається проблемою. Також, існує ризик резистентності бактерій до металевих покриттів [2].

Наноструктуровані поверхні та покриття (як неорганічного, так і органічного походження) наразі викликають великий інтерес. Кілька досліджень продемонстрували, що наноструктурування в поєднанні з іншою обробкою поверхні може пригнічувати бактеріальну адгезію.

Іншим прикладом застосування нанотехнологій є виготовлення полімерів, що містять антибактеріальні наночастинки та речовини, які пригнічують як спокійні, так і активні бактерії. Синтетичні полімери, природні полімери та їх похідні (наприклад, желатин, хітозан) мають потенціал для використання як поверхневих каркасів для імплантатів та засобів доставки антибактеріальних агентів.

Антибактеріальна дія наночастинок срібла (НЧ) до кінця не вивчена. Можливо, він базується на вивільненні катіонів срібла з наноструктурованих поверхонь (рис. 1). Ці катіони назавжди руйнують клітинну стінку бактерій, інактивують основні білки, викликають конденсацію ДНК і призводять до утворення активних форм кисню. Антибактеріальна активність НЧ срібла залежить як від розміру, так і від форми. Відмінності в механізмі дії різних форм срібла можуть пояснити, чому до цього часу не було повідомлень про резистентність до цього типу антибактеріального лікування. У порівнянні з не нанорозмірними формами срібла, нанорозмірна форма пропонує

одночасно більшу розчинність, хімічну реактивність і сильну антибактеріальну активність навіть при низьких концентраціях (одиниці міліграмів на літр). Було показано, що НЧ срібла охоплюють широкий спектр збудників захворювань. Щобільше, експерименти *in vitro* та *in vivo* показали довготривалі антибактеріальні захисні ефекти наноструктурованого титанового покриття, інкорпорованого з НЧ срібла. Проводяться інтенсивні дослідження, спрямовані на поєднання антибактеріального ефекту НЧ срібла з остеоінтегративними властивостями та покращення біосумісності таких матеріалів, як титанові сплави. Нарешті, наночастинки селену, міді, цинку та інших елементів також продемонстрували сильну антибактеріальну ефективність [3].



Рисунок 1 - Методи плазмової модифікації поверхні, що створюють особливий тип антимікробної поверхні з використанням наночастинок срібла (Ag), вбудованих у титан (Ti) [3]

**Висновок.** Нанообробка поверхонь біоматеріалів відкриває нові можливості для профілактики перипротезних інфекцій суглобів. Доведена висока біосумісність таких підходів і, отже, великий потенціал для використання в обробці поверхонь ортопедичних імплантатів. Проте нанотехнології можуть викликати небажані запальні реакції через активацію дендритних клітин і макрофагів, а також існує занепокоєння щодо механічної міцності нанопокриттів, які можуть бути пошкоджені під час імплантації, особливо в безцементних імплантатах, що встановлюються методом пресування. Тому, методи нанообробки потребують подальших досліджень.

### Список використаних джерел

1. International Consensus on Periprosthetic Joint Infection: Description of the Consensus Process [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3825924/>
2. Antimicrobial activity of metals: mechanisms, molecular targets and applications [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.nature.com/articles/nrmicro3028>
3. Antibacterial Surface Treatment for Orthopaedic Implants [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4159828/#abstract1>