

БІОРОЗКЛАДНІСТЬ ТА МЕТАБОЛІЗМ НАНОКОМПОЗИТІВ МАГНЕТИТУ В ОРГАНІЗМІ: СУЧАСНИЙ СТАН ДОСЛІДЖЕНЬ

Микитенко Андрій
здобувач вищої освіти
Свиридюк Катерина
асистент
Кафедра хімії

Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Біорозкладність магнетитних наноккомпозитів (Fe_3O_4) в організмі пов'язана з їхньою здатністю до біотрансформацій через взаємодії з клітинами, білками та тканинами. Після введення, частинки можуть утворювати білкову «корону» (protein corona), що визначає способи їхнього поглинання клітинами та подальшу внутрішньоклітинну переробку [1]. Утворені комплекси сприяють інтеграції наночастинок до системи ретикулоендотелію, спричиняючи їх накопичення в органах, таких як печінка, селезінка, де вони можуть підлягати деградації або метаболічному ремоделюванню [2].

В організмі магнетит може окиснюватися до маггеміту ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$), змінюючи свої властивості, зокрема магнітне насичення, за умов взаємодії з киснем чи окиснювачами [1]. Очевидно, що стабільність та швидкість цих перетворень залежать від розмірів частинок, їх структури та покриття. Сучасні дослідження показують, що деякі форми Fe_3O_4 можуть викликати мінімальні токсичні ефекти: наприклад, підвищення активності печінкових ферментів ALT і AST у межах норми та сталі рівні заліза в крові свідчать про безпечну трансформацію та повну утилізацію заліза як біогенних форм—гемоглобін, феритин, гемозидерин [1-3]. Це свідчить, що довготривале розщеплення наночастинок не призводить до токсичної залізної перевантаженості.

Важливою деталлю є фармакокінетика наночастинок магнетиту: вони широко розподіляються в організмі, затримуються клітинами системи мононуклеарних фагоцитів, зосереджуються в залізодепонуючих органах, і цей процес можна контролювати за допомогою зовнішнього магнітного поля [4]. При цьому фармакодинаміка демонструє поєднання магніторезонансних, транспортних, гіпертермічних та навіть антианемічних ефектів, що дозволяє використовувати наноккомпозити магнетиту у тераностиці [4].

Методи досліджень, такі як високо-роздільна електронна мікроскопія (ТЕМ), імуногістохімічні техніки, оцінка ключових показників біохімії, використовуються для відстеження біотрансформацій, клітинного поглинання, внутрішньоклітинного трафіку, та остаточної долі наночастинок у тілі [5]. Проте, більшість експериментів охоплюють короткострокові терміни (години–дні), тоді

як дослідження персистенції частинок протягом місяців або років, та їх повного виведення, залишаються менш вивченими [5].

Отже, сучасні дані свідчать про те, що Fe_3O_4 -нанокompозити за належного покриття й розміру можуть демонструвати прийнятну біорозкладність і безпечний метаболізм в організмі. Утилізація заліза як біогенних форм, контрольоване накопичення та мінімальна токсичність створюють підґрунтя для їх використання у медичних застосуваннях, але потребують подальшого вивчення довгострокових наслідків та механізмів.

Список використаних джерел

1. Jacinto C., Javed Y., Lavorato G., Tarraga W. A., Conde B. I. C., Orozco J. M., Picco A. S., Garcia J., Sato Baraldi Dias C., Malik S., Sharma S. Biotransformation and biological fate of magnetic iron oxide nanoparticles for biomedical research and clinical applications // *Nanoscale Adv.* – 2025.
2. Influence of magnetic nanoparticle biotransformation on contrasting efficiency and iron metabolism // *J. Nanobiotechnology.* – 2022.
3. Важнича О. М., Дев'яткіна Т. О., Мокляк Є. В. Фармакологічні властивості наночастинок магнетиту // *Вісник Української медичної стоматологічної академії.* – 2016. – Т. 16, Вип. 1 (53). – С. 291–296.
4. Protein adsorption onto Fe_3O_4 nanoparticles with opposite surface charge and its impact on cell uptake // *arXiv*, 2014.
5. Clinical-pharmacological properties of iron nanoparticle oxides (HO_3) – *Ukrainian Medical Journal.*