

РОЗПОДІЛ ПЕРОРАЛЬНО ВВЕДЕНИХ НАНОЧАСТИНОК ОКСИДУ ЗАЛІЗА В ОРГАНАХ ТА ТКАНИНАХ РИБ *Danio rerio*

Громнадська М. О., Лебединська Ю. В.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, hro.maryna@gmail.com

Abstract

This article investigated the distribution of orally administered iron oxide nanoparticles in the organs and tissues of Danio rerio fish through the Perl's reaction. It was revealed that orally administered iron oxide magnetic nanoparticles accumulate mainly in brain, liver, kidney, and heart of Danio rerio fish in which the presence of biogenic magnetic nanoparticles was shown.

Keywords: *magnetic nanoparticles, Danio rerio, Perl's Prussian blue reaction, light microscopy*

Вступ. Магнітні наночастинки володіють специфічними фізичними та хімічними властивостями залежно від їх форми, розміру та співвідношення площі поверхні до об'єму. Зазначені характеристики зробили магнітні наночастинки перспективними для використання в багатьох біологічних та медичних процесах, зокрема при магнітно-резонансній томографії в якості контрастних речовин [1], клітинній терапії [2], тканинній інженерії та регенеративній медицині [3], імуноаналізах [4], в системах адресної доставки лікарських засобів [5], тощо. Проте процеси поглинання та розподілу екзогенно введених магнітних наночастинок в органах та тканинах тварин, а також причини їх накопичення в організмі тварин на сьогодні залишаються недостатньо вивченими.

Метою даної роботи було дослідження розподілу перорально введених магнітних наночастинок оксиду заліза Fe_3O_4 в органах та тканинах риб *Danio rerio*.

Матеріали та методи. У експерименті використовували 20 статевозрілих риб *Danio rerio* дикого типу (вікова група 5-6 місяців). Риби були поділені порівну на дві групи: контрольну та експериментальну. Рибам контрольної групи щоденно протягом 28 днів перорально вводили 100 мкл води. Рибам експериментальної групи щоденно протягом 28 днів перорально вводили 100 мкл магнітної рідини із концентрацією наночастинок оксиду заліза Fe_3O_4 0,002 мг/г. Після виведення риб з експерименту здійснювали забір органів.

Для дослідження біорозподілу наночастинок оксиду заліза Fe_3O_4 використовували гістологічні препарати мозку, печінки, нирок та серця риб *Danio rerio*, забарвлені за методом Перлса (реакція утворення Берлінської лазурі). Мікроскопіювали гістологічні препарати за допомогою оптичного мікроскопу XS-5520 MICROmed.

Всі експерименти у даному дослідженні проводили з дотриманням вимог Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» (ст. 230 від 2006 р.), відповідно до положень Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей (Страсбург, 1986), Загальних етичних принципів експериментів на тваринах, схвалених на Першому національному конгресі з біоетики (20.09.04 р., м. Київ, Україна) та відповідно до «Правил поводження з тваринами, що

використовуються в наукових експериментах, тестуванні, навчальному процесі, виробництві біологічних препаратів».

Результати та обговорення. В усіх досліджуваних органах риб *Danio rerio*: мозку, печінці, нирках та серці, було виявлено структури, які дають позитивну реакцію Перлса, що свідчить про наявність в них окисних сполук заліза.

В мозку, печінці, нирках та серці риб контрольної групи спостерігали наявність поодиноких включень, які дають позитивну реакцію Перлса (рис. 1). Виявлені окисні сполуки заліза в досліджених органах інтактних риб *Danio rerio*, найімовірніше, мають біогенне походження, проте не можна виключати можливість екзогенного потрапляння наночастинок заліза.

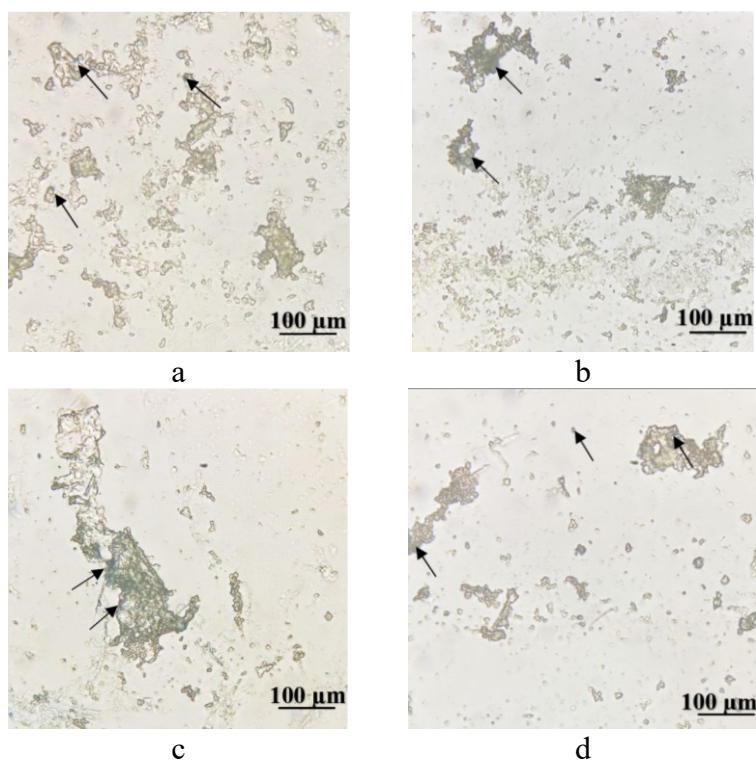


Рис. 1. Мікроскопічне зображення препаратів мозку (а), печінки (b) нирок (c) та серця (d) інтактних риб *Danio rerio*, забарвлених Берлінською лазуррю (контроль). Стрілками показано виявлені сполуки заліза.

На 28-му добу експерименту спостерігали збільшення кількості структурних елементів, що дають позитивну реакцію Перлса в зразках риб *Danio rerio* експериментальної групи (рис. 2), що свідчить про накопичення сполук заліза в досліджуваних органах. Перорально введені магнітні наночастинок оксиду заліза Fe_3O_4 , найімовірніше, потрапляють в мозок, печінку, нирки та серце риб *Danio rerio* та, розщеплюючись, дають позитивну реакцію Перлса.

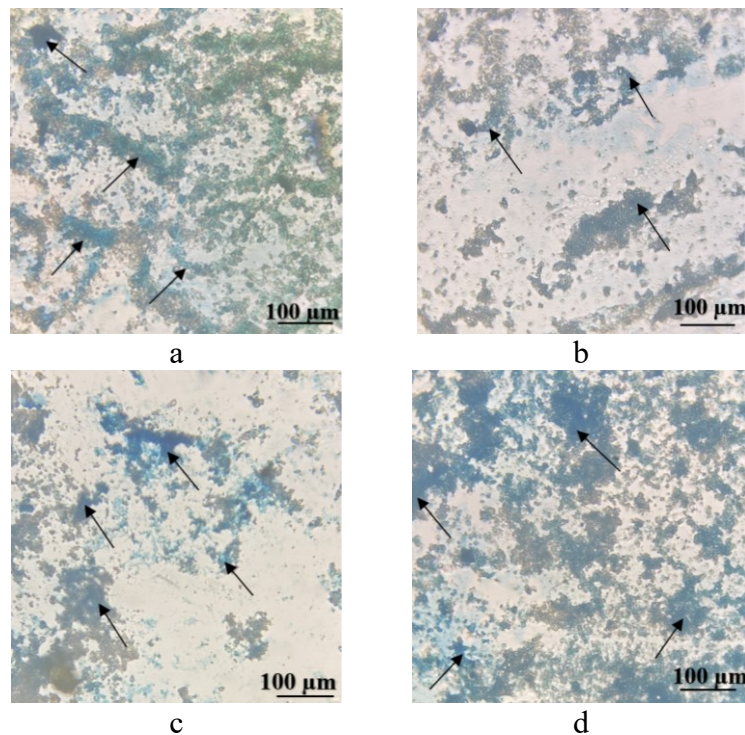


Рис. 2. Мікроскопічне зображення препаратів мозку (а), печінки (b) нирок (c) та серця (d) риб *Danio rerio*, забарвлених Берлінською лазуррю після 28 днів введення наночастинок оксиду заліза. Стрілками показано виявлені сполуки заліза.

Висновки. В мозку, печінці, нирках та серці досліджуваних риб *Danio rerio* виявлено структурні елементи, які дають позитивну реакцію Перлса. Кількість таких структур у досліджуваних органах інтактних риб *Danio rerio* значно менша, ніж у мозку, печінці, нирках та серці риб, яким екзогенно вводили магнітні наночастинок оксиду заліза Fe_3O_4 . Збільшення кількості Перлс-позитивних включень на гістологічних препаратах досліджуваних органів риб *Danio rerio* свідчить про розподіл та накопичення сполук заліза переважно в тих органах, в яких показана наявність біогенних магнітних наночастинок [6].

Список використаної літератури:

1. Issa B, M. Obaidat I. Magnetic nanoparticles as MRI Contrast Agents. *IntechOpen*. 2019. P. 1–4. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.84649>
2. Luo Z., Du H. Prospect of Different Types of Magnetic Nanoparticles in Stem Cell Therapy. *Stem Cell Rev Rep*. 2020. No 16(4). P. 675–683. DOI: 10.1007/s12015-020-09966-9
3. Hasan A., Morshed M., Memic A., Hassan S., Webster T..J, Marei H.E. Nanoparticles in tissue engineering: applications, challenges and prospects. *International Journal of Nanomedicine*. 2018. No 13. P. 5637–5655. DOI: 10.2147/IJN.S153758
4. Pastucha M., Farka Z., Lacina K. et al. Magnetic nanoparticles for smart electrochemical immunoassays: a review on recent developments. *Microchimica Acta*. 2019. No 312. P. 1–26. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00604-019-3410-0>
5. Wang Z. Y., Wang L., Zhang J., Li Y. T., Zhang D. S. A study on the preparation and characterization of plasmid DNA and drugcontaining magnetic nanoliposomes for the treatment of tumors. *International Journal of Nanomedicine*. 2011. No 6. P. 871–875. DOI: <https://doi.org/10.2147/IJN.S16485>
6. Gorobets S., Gorobets O., Gorobets Y., Bulaievska M. Chain-Like Structures of Biogenic and Nonbiogenic Magnetic Nanoparticles in Vascular Tissues. *Bioelectromagnetics*. 2022. No 43(2). P. 119–143. DOI: <https://doi.org/10.1002/bem.22390>