

4. Rider C. V., Nyska A., Cora M. C., Kissling G.E., Smith C., Travlos G. S., Hejtmancik M. R., Fomby L. M., Colleton C. A., Ryan M. J., Kooistra L., Morrison J. P., Chan P. C. Toxicity and carcinogenicity studies of Ginkgo biloba extract in rat and mouse: liver, thyroid, and nose are targets. *Toxicol. Pathol.* 2014. Vol. 42, № 5. P. 830–843. doi:10.1177/0192623313501235.

5. Maeda J., Kijima A., Inoue K., Ishii Y., Ichimura R., Takasu S., Kuroda K., Matsushita K., Kodama Y., Saito N., Umemura T., Yoshida M. In vivo genotoxicity of ginkgo biloba extract in gpt delta mice and constitutive androstane receptor knockout mice. *Toxicological Sciences.* 2014. Vol. 140, № 2. P. 298–306. doi:10.1093/toxsci/kfu090.

DOI <https://doi.org/10.36059/978-966-397-559-7-56>

ВИКОРИСТАННЯ НАНОВОЛОКОН У РОЗРОБЦІ НОВИХ ФОРМ ЛІКІВ

Борисюк І. Ю.

*доктор фармацевтичних наук, професор,
завідувач кафедри загальної та клінічної фармакології
Міжнародний університет
м. Одеса, Україна*

Сьомкіна М. Р.

*студентка 3 курсу спеціальності – Фармація, промислова фармація
факультету стоматології
Міжнародний університет
м. Одеса, Україна*

Савка Х. М.

*студентка 3 курсу спеціальності – Фармація, промислова фармація
факультету стоматології
Міжнародний університет
м. Одеса, Україна*

Нанотехнології посідають важливе місце у сучасній фармацевтичній науці, оскільки дають змогу створювати вискоєфективні та контрольовані системи доставки лікарських речовин. Потреба підвищити біодоступність, селективність дії та керувати вивільненням активних інгредієнтів стимулює розвиток інноваційних матеріалів і форм. Традиційні лікарські

засоби не завжди забезпечують оптимальну концентрацію у місці дії, тому нановолокна стали одним із найбільш перспективних рішень. Це ультратонкі волокна діаметром переважно 50–500 нм (інколи до 20 нм), які завдяки своїм властивостям формують універсальну платформу для створення систем контрольованого вивільнення. Найпоширеніший метод їх отримання – електроспінінг, де полімерний розчин під дією електричного поля утворює стабільні волокна [1, с. 1362].

Електроспінінг дозволяє керувати діаметром волокон, рівномірністю розподілу діючої речовини, пористістю та морфологією матеріалу, що дає можливість створювати як швидкодіючі, так і пролонговані системи. Показано, що нановолокна на основі PCL і PLA забезпечують повільне вивільнення антибіотиків, таких як ципрофлоксацин або амоксицилін, що ефективно при лікуванні інфікованих ран [2, с. 508–510]. Системи з протизапальними препаратами (ібупрофен, кетопрофен) у матрицях PVA оптимально підходять для трансдермальних форм [3, с. 5–7; 4, с. 102138]. Нановолоконні плівки з гідроксиапатитом і доксихікліном застосовують для покриття імплантів, де вони поєднують остеointegraційні властивості та антибактеріальний ефект [5, с. 213231].

Електроспінінг також використовується для створення оральних швидко розчинних плівок із парацетамолом, кофеїном та вітамінами, які завдяки тонкій структурі розчиняються за секунди [6, с. 1254]. У лікуванні ран нановолокна з лізоцимом проявляють виражену антимікробну активність [7, с. 980; 8, с. 245], а у офтальмології системи з ципрофлоксацином або флуконазолом забезпечують пролонговану дію при кон'юнктивітах і кератитах [9, с. 397].

Для отримання нановолокон використовують синтетичні (PEO, PVA, PCL, PLA) і природні полімери (желатин, колаген, хітозан, альгінат, декстран) [10, с. 15346; 11, с. 3926–3928; 12, с. 872]. Синтетичні матеріали забезпечують механічну міцність і регульованість розчинення, тоді як біополімери гарантують біосумісність і безпечну деградацію, що важливо для імплантів та регенеративної медицини. Нановолоконні матриці активно застосовують як скефолди, що імітують позаклітинний матрикс і сприяють росту клітин, а також можуть містити активні речовини або фактори росту [13, с. 182; 14, с. 24].

Нановолокна ефективні для інкапсуляції гідрофобних препаратів, підвищуючи їхню стабільність і контрольованість вивільнення, а багаточастикові структури дають змогу поєднувати різні механізми доставки [15, с. 1772]. «Розумні» нановолокна здатні реагувати на зовнішні стимули – зміну pH, температури, концентрації глюкози – що відкриває шлях до таргетованої терапії. Перспективним є поєднання нановолокон із біосенсорами для створення систем, які автоматично регулюють вивільнення ліків, наприклад інсуліну.

Подальший розвиток спрямований на вдосконалення полімерних матеріалів, модифікацію поверхні волокон, інтеграцію різних полімерів у єдину структуру та оптимізацію виробничих процесів. Завдяки цим досягненням нановолокна набувають ключового значення у створенні персоналізованих, вискоєфективних і безпечних фармацевтичних технологій нового покоління.

Література:

1. Torres-Martinez E.J., Cornejo Bravo J.M., Serrano Medina A., Pérez González G.L., Villarreal Gómez L.J. A Summary of Electrospun Nanofibers as Drug Delivery System: Drugs Loaded and Biopolymers Used as Matrices. *Curr Drug Deliv.* 2018. Vol. 15, No. 10. P. 1360–1374. DOI: 10.2174/1567201815666180723114326.
2. Cui C., Sun S., Li X., Chen S., Wu S., Zhou F., Ma J. Optimizing the chitosan-PCL based membranes with random/aligned fiber structure for controlled ciprofloxacin delivery and wound healing. *Int J Biol Macromol.* 2022. Vol. 205. P. 500–510. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2022.02.118.
3. Tran T., Hernandez M., Patel D. та ін. Controllable and switchable drug delivery of ibuprofen from temperature responsive composite nanofibers. *Nano Convergence.* 2015. Vol. 2. P. 15. DOI: 10.1186/s40580-015-0047-5.
4. Geng Y., Zhou F., Williams G. Developing and scaling up fast-dissolving electrospun formulations based on poly(vinylpyrrolidone) and ketoprofen. *J Drug Deliv Sci Technol.* 2021. Vol. 61. P. 102138. DOI: 10.1016/j.jddst.2020.102138.
5. Di Pompo G., Liguori A., Carlini M. та ін. Electrospun fibers coated with nanostructured biomimetic hydroxyapatite: A new platform for regeneration at the bone interfaces. *Biomater Adv.* 2023. Vol. 144. P. 213231. DOI: 10.1016/j.bioadv.2022.213231.
6. Zhou Y., Wang M., Yan C., Liu H., Yu D.G. Advances in the Application of Electrospun Drug-Loaded Nanofibers in the Treatment of Oral Ulcers. *Biomolecules.* 2022. Vol. 12, No. 9. P. 1254. DOI: 10.3390/biom12091254.
7. Tonglairoum P., Ngawhirunpat T., Rojanarata T., Opanasopit P. Lysozyme-immobilized electrospun PAMA/PVA and PSSA-MA/PVA ion-exchange nanofiber for wound healing. *Pharm Dev Technol.* 2015. Vol. 20, No. 8. P. 976–983. DOI: 10.3109/10837450.2014.954726.
8. Liu X., Nielsen L.H., Qu H. та ін. Stability of lysozyme incorporated into electrospun fibrous mats for wound healing. *Eur J Pharm Biopharm.* 2019. Vol. 136. P. 240–249. DOI: 10.1016/j.ejpb.2019.01.003.
9. Sangole S., Salave S., Rana D. та ін. Electrospun Nanofiber Composite for Levofloxacin in Ocular Drug Delivery. *Pharm Nanotechnol.* 2022. Vol. 10, No. 5. P. 393–400. DOI: 10.2174/2211738510666220902151906.

10. Campa-Siqueiros P.I., Madera-Santana T.J., Castillo-Ortega M.M. та ін. Electrospun and co-electrospun biopolymer nanofibers for skin wounds on diabetic patients: an overview. *RSC Adv.* 2021. Vol. 11, No. 25. P. 15340–15350. DOI: 10.1039/d1ra02986j.
11. Tan G., Wang L., Pan W., Chen K. Polysaccharide Electrospun Nanofibers for Wound Healing Applications. *Int J Nanomedicine.* 2022. Vol. 17. P. 3913–3931. DOI: 10.2147/IJN.S371900.
12. Yadav B.K., Solanki N., Patel G. Electrospun nanofibers as advanced wound dressing materials: comparative analysis of single-layered and multi-layered nanofibers containing polycaprolactone, methylcellulose, and polyvinyl alcohol. *J Biomater Sci Polym Ed.* 2024. Vol. 35, No. 6. P. 869–879. DOI: 10.1080/09205063.2024.2311448.
13. Ye K., Kuang H., You Z., Morsi Y., Mo X. Electrospun Nanofibers for Tissue Engineering with Drug Loading and Release. *Pharmaceutics.* 2019. Vol. 11, No. 4. P. 182. DOI: 10.3390/pharmaceutics11040182.
14. Dang Z., Ma X., Yang Z., Wen X., Zhao P. Electrospun Nanofiber Scaffolds Loaded with Metal-Based Nanoparticles for Wound Healing. *Polymers.* 2024. Vol. 16, No. 1. P. 24. DOI: 10.3390/polym16010024.
15. Yu D.G., Wang M., Ge R. Strategies for sustained drug release from electrospun multi-layer nanostructures. *WIREs Nanomed Nanobiotechnol.* 2022. Vol. 14, No. 3. P. e1772. DOI: 10.1002/wnan.1772.