

УДК 377.8:616.314.2

Нелюба Р.О.¹, Мазін В.М.²

¹ аспірант, Класичний приватний університет

² д-р. пед. наук, професор, НУ «Запорізька політехніка»

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРАКТИЧНОГО НАВЧАННЯ РОБОТІ З БІОСУМІСНИМИ МАТЕРІАЛАМИ

Анотація. У тезі розглядаються інноваційні технології навчання роботі з біосумісними матеріалами, зокрема використання VR/AR-симуляцій, 3D-друку, нанотехнологій та онлайн-платформ. Аналізуються сучасні методи практичного навчання, їхня ефективність у підготовці фахівців біомедичної інженерії, імплантології, ортопедичної стоматології та регенеративної медицини.

Ключові слова: інноваційні технології, біосумісні матеріали, VR/AR-симуляції, 3D-друк, нанотехнології, онлайн-навчання, практичне навчання.

Abstract. The thesis examines innovative technologies for training in working with biocompatible materials, including the use of VR/AR simulations, 3D printing, nanotechnology, and online platforms. Modern methods of practical training are analyzed, as well as their effectiveness in preparing specialists in biomedical engineering, implantology, prosthetic dentistry, and regenerative medicine.

Key words: innovative technologies, biocompatible materials, VR/AR simulations, 3D printing, nanotechnology, online learning, practical training.

Сучасні тенденції розвитку фізичного виховання, спортивної медицини та медичної реабілітації вимагають впровадження новітніх методів навчання. Одним із перспективних напрямів є використання інноваційних технологій, що сприяють ефективному засвоєнню знань і навичок при роботі з біосумісними матеріалами. Навчання роботі з такими матеріалами є важливим аспектом підготовки фахівців, оскільки вони широко застосовуються в імплантології, ортопедичній медицині, спортивній реабілітації та адаптивній фізичній культурі.

Однією з ключових технологій навчання є VR/AR-симуляції, які дозволяють студентам та практикуючим фахівцям моделювати робочі процеси у віртуальному середовищі. Віртуальна реальність забезпечує безпечний простір для відпрацювання маніпуляцій із біосумісними матеріалами, дозволяючи працювати з їхньою віртуальною моделлю, вивчати їхні властивості, а також моделювати поведінку матеріалів у реальних умовах. Zarif Bin Akhtar зазначив, що інтерактивні додатки AR та VR створюють занурювальне навчальне середовище, де учні можуть досліджувати анатомічно точні 3D-моделі людського тіла. Ці інструменти

покращують розуміння складних анатомічних структур, покращують просторове орієнтування та сприяють практичному відпрацюванню медичних процедур. Симуляції XR також дають змогу відтворювати рідкісні або складні медичні сценарії, надаючи учням можливість здобувати досвід у ситуаціях, з якими вони можуть не стикатися під час традиційного навчання [1].

3D-друк є ще однією важливою технологією, що дозволяє відтворювати біосумісні матеріали та тестувати їхню ефективність у реабілітаційній практиці. За допомогою адитивних технологій можливо виготовляти анатомічно точні моделі кісткових та м'яких тканин, що дає змогу студентам та фахівцям краще розуміти особливості роботи з такими матеріалами. Впровадження 3D-друку у навчання дозволяє проводити лабораторні заняття, під час яких студенти можуть створювати персоналізовані імпланти та аналізувати їхню взаємодію з тканинами організму. Valls-Estevé A., Tejo-Otero A., Adell-Gómez N., Lustig-Gainza P., Fenollosa-Artés F., Buj-Corral I., Rubio-Palau J., Munuera J., & Krauel L. описали, що технології 3D-друку та непрямого друку є перспективними інструментами для хірургічного планування, комунікації між пацієнтом і медичним працівником та навчання в лікуванні абдомінальної педіатричної онкології. Також Zhonghua Sun, Y. H. Wong та Chai Hong Yeong зазначили, що реалістичні фізичні моделі, надруковані на 3D-принтері, можуть використовуватися як навчальний інструмент для ординаторів або молодших лікарів для розвитку їхньої впевненості та клінічних навичок перед операціями на пацієнтах [2, 3].

Розвиток нанотехнологій також відіграє значну роль у навчанні роботі з біосумісними матеріалами. Наноматеріали, що використовуються для покриття імплантатів, сприяють їхній кращій інтеграції з тканинами організму. Важливо, щоб майбутні фахівці розуміли механізми взаємодії таких матеріалів із біологічними структурами, що може бути забезпечено спеціалізованими навчальними курсами та лабораторними практикумами. D. Spath, S. L. Buck у дослідженні проаналізували потреби у навчанні та підготовці кадрів для роботи з нанотехнологіями, включаючи біосумісні матеріали та зазначили, що добре підготовлені до роботи з наноматеріалами фахівці забезпечують інноваційність і конкурентоспроможність. M. G. Jones, R. Blonder, G. E. Gardner, V. Albe, M. Falvo, J. Chevrier описали поточні дослідження нанотехнологічної освіти, включаючи навчальні плани, освітні програми, неформальну освіту та освіту вчителів. Крім того, описали переваги цих технологічних застосувань у зв'язку з цілями наноосвіти [4, 5].

Важливим аспектом навчання є онлайн-платформи, що містять

інтерактивні курси, відеоматеріали, лабораторні симуляції та тестові завдання. Це забезпечує доступ до навчальних матеріалів незалежно від місця перебування, дозволяючи студентам і фахівцям самостійно опановувати новітні методи роботи з біосумісними матеріалами. Такі платформи можуть містити відеоуроки з методики використання біосумісних матеріалів у спортивній медицині, реабілітаційній практиці та хірургії.

Окрім того, важливу роль відіграє застосування біомеханічних сенсорних систем, що дозволяють оцінювати фізичну активність, рівень м'язової напруги та баланс пацієнтів або спортсменів. Використання таких технологій у поєднанні з біосумісними матеріалами сприяє розробці індивідуальних програм тренувань і реабілітації, що враховують особливості організму кожної людини. Навчання роботі з цими системами дає можливість фахівцям розробляти персоналізовані підходи до фізичного відновлення.

Висновок. Таким чином, інноваційні технології навчання роботі з біосумісними матеріалами сприяють підвищенню рівня підготовки фахівців у сфері фізичного виховання, спортивної медицини та реабілітації. Використання VR/AR-симуляцій, 3D-друку, нанотехнологій, онлайн-навчання та біомеханічних сенсорних систем дозволяє ефективно опановувати сучасні методики та впроваджувати їх у професійну діяльність. Це забезпечує вищу якість медичних та реабілітаційних послуг, розширює можливості адаптивної фізичної культури та персоналізованої реабілітації для різних верств населення. Впровадження таких технологій у навчальний процес дозволяє готувати кваліфікованих спеціалістів, здатних працювати з передовими методами фізичної терапії та спортивної медицини.

Список використаних джерел

1. Zarif Bin Akhtar, Ahmed Tajbiul Rawol. Artificial Intelligence (AI) & Extended Reality (XR) within Healthcare: A Multidimensional Biomedical Engineering (BME) Investigative Exploration. *Biomedical and Clinical Research Journal*. 2025. Т. 1, №1. DOI: <http://02.2025/BCRJ/003>.
2. Zhonghua Sun, Yin How Wong, Chai Hong Yeong. Patient-Specific 3D-Printed Low-Cost Models in Medical Education and Clinical Practice. . *Micromachines*. 2023. Т. 14, №2. С. 464. DOI: <https://doi.org/10.3390/mi14020464>.
3. Valls-Esteve A., Tejo-Otero A., Adell-Gómez N., Lustig-Gainza P., Fenollosa-Artés F., Buj-Corral I., Rubio-Palau J., Munuera J., Krauel L. Advanced Strategies for the Fabrication of Multi-Material Anatomical Models of Complex Pediatric Oncologic Cases. *Bioengineering*. 2024. Т. 11, №1. С. 31.

DOI: <https://doi.org/10.3390/bioengineering11010031>.

4. Spath D., Buck S. L. Emerging technologies: new skill needs in the field of nanotechnology. *Fraunhofer Institute for Industrial Engineering (Fraunhofer IAO)*, Stuttgart, Germany. 2024. URL: <https://www.cedefop.europa.eu/sl/news/emerging-technologies-new-skill-needs-field-nanotechnology> (дата звернення: 23.02.2025)

5. Jones M. G., Blonder R., Gardner G. E., Albe V., Falvo M., Chevrier J. Nanotechnology and Nanoscale Science: Educational challenges. *International Journal of Science Education*. 2013. Т. 35, №9. С. 1490–1512. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.771828>.