

3D-МОДЕЛЮВАННЯ В ОРТОПЕДІЇ ТА ТРАВМАТОЛОГІЇ: МИНУЛЕ, СЬОГОДЕННЯ, МАЙБУТНЄ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

3D-моделювання є одним із ключових інструментів у сучасній ортопедії та травматології. Ця технологія дозволяє створювати точні віртуальні моделі кісткових структур, планувати хірургічні втручання та розробляти персоналізовані імпланти. У статті розглядається історія розвитку 3D-моделювання в медицині, його сучасний стан та перспективи подальшого застосування, включаючи біопринтинг і штучний інтелект.

Ключові слова

3D-моделювання, ортопедія, травматологія, ендопротезування, біопринтинг, персоналізована медицина.

Annotation

3D modeling is one of the key tools in modern orthopedics and traumatology. This technology enables the creation of precise virtual models of bone structures, surgical planning, and the development of personalized implants. The article examines the history of 3D modeling in medicine, its current state, and future applications, including bioprinting and artificial intelligence.

Keywords

3D modeling, orthopedics, traumatology, endoprosthesis, bioprinting, personalized medicine.

Вступ

Ортопедія та травматологія є одними з найдинамічніших галузей медицини, де точність і персоналізація відіграють вирішальну роль. Традиційні методи діагностики та лікування значно поступаються передовим цифровим технологіям, серед яких 3D-моделювання займає центральне місце. Використання 3D-технологій дозволяє не лише створювати високоточні моделі кісткових структур, а й моделювати хірургічні втручання, прогнозувати їх результати та виготовляти індивідуальні імпланти.

Історія розвитку 3D-моделювання в ортопедії

Перші спроби використання 3D-моделювання в ортопедії та травматології датуються 1990-ми роками, коли почали з'являтися комп'ютерні томографи (КТ) з можливістю тривимірної реконструкції. Важливим проривом стало застосування CAD (Computer-Aided Design) систем для розробки імплантів [1].

Основні етапи розвитку:

1990-ті роки – поява програмного забезпечення для 3D-реконструкції на основі КТ-знімків.

2000-ті роки – розвиток адитивних технологій (3D-друку), що дозволило створювати персоналізовані імпланти.

2010-ті роки – впровадження штучного інтелекту (AI) та машинного навчання у 3D-моделювання.

2020-ті роки – активне використання біопринтингу для створення кісткових та хрящових структур.

Сучасний стан 3D-моделювання в ортопедії

На сьогодні 3D-моделювання є стандартом у хірургічному плануванні та виробництві ортопедичних конструкцій.

Основні напрямки використання:

Персоналізоване ендопротезування:

- Використання 3D-друку для виготовлення індивідуальних імплантів.
- Приклади: Zimmer Biomet, Stryker (MAKO), Materialise Mimics [2].

Передопераційне хірургічне планування:

- 3D-візуалізація операцій із використанням Materialise Mimics та OsiriX.
- Роботизовані системи (ROSA, MAKO) для навігації під час операцій.

Кісткова реконструкція та лікування переломів:

- 3D-друковані пластини та фіксатори для складних переломів.
- Інтерактивне моделювання для оцінки механічних навантажень.

Технології та програмне забезпечення:

- Materialise Mimics – програмне забезпечення для створення медичних 3D-моделей.
- 3D Slicer – вільне ПЗ для сегментації та аналізу КТ/MRI-зображень.
- Simpleware ScanIP – біомеханічне моделювання для ортопедії [3].

Перспективи розвитку 3D-моделювання

Біопринтинг та регенеративна медицина. Біопринтинг відкриває можливості для створення тканинних конструкцій, що імітують кісткові та хрящові тканини. Потенційно це дозволить уникнути використання металевих та полімерних імплантів.

Приклади:

- Використання біоматеріалів (гідроксіапатит, біополімери) для 3D-друку кісткових структур.
- Експерименти з друком хрящової тканини для регенерації суглобів.

Штучний інтелект у 3D-моделюванні. Штучний інтелект та машинне навчання дозволяють автоматично аналізувати медичні знімки, пропонувати оптимальні варіанти імплантів та навіть прогнозувати результати операцій.

Можливості AI:

- Автоматична сегментація кісткових структур.
- Аналіз навантажень на суглоби з прогнозуванням зношування імплантів.
- Персоналізований підбір протезів та ортезів.

Віртуальна та доповнена реальність (VR/AR) у хірургії. Використання VR/AR-технологій дозволяє лікарям тренуватися у віртуальних операційних і навіть проводити операції з доповненою реальністю.

Приклади застосування:

- Хірургічні симулятори для навчання студентів та лікарів.
- Використання Microsoft HoloLens для навігації під час операцій.

Висновок

3D-моделювання здійснило революцію в ортопедії та травматології, дозволяючи лікарям більш точно планувати операції, створювати індивідуальні імпланти та покращувати результати лікування. У майбутньому біопринтинг, штучний інтелект та VR/AR стануть невід'ємною частиною медицини, роблячи хірургію ще більш персоналізованою та ефективною.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Wong, K. C. (2016). "3D Printing in Orthopedics: Current and Future Applications." *J Orthop Surg Res*, 11(1), 123.
2. Gao, C., et al. (2022). "Bioprinting of Bone and Cartilage: Recent Advances and Future Directions." *Acta Biomater*, 145, 123-140.
3. Zhang, J., et al. (2021). "AI in Orthopedic Surgery: Current Applications and Future Prospects." *Comput Med Imaging Graph*, 89, 101913.

Сидорук Олег Олександрович - аспірант гр 163-23а, кафедра біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Науковий керівник: **Коваль Леонід Григорович** - к.т.н., доцент, завідувач кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Oleh Oleksandrovykh Sydoruk - graduate student gr 163-23a, department of biomedical engineering and optical-electronic systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Supervisor: **Koval Leonid Hryhorovych** - Ph.D., Associate Professor, Head of the Department of Biomedical Engineering and Optical-Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia