

В'ячеслав ЮРЧЕНКО¹, д-р біолог. наук, професор

Євгенія ДМИТРЕНКО², студентка

Наталя МАНІЧЕВА², канд. техн. наук, доцент

Надія ЗАДОРЖНЯ², студентка

Ігор ШАПОВАЛОВ², канд. фіз.-мат. наук, доцент

¹ Остравський університет, м. Острава, Чехія

² Національний університет «Одеська політехніка», м. Одеса, Україна, e-mail: 9480642@stud.op.edu.ua; vmanichev@ukr.net; 9480824@stud.op.edu.ua

АНАЛІЗ ТА ПОРІВНЯННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЕКЗОПРОТЕЗУВАННЯ СУГЛОБІВ

Анотація. Розвиток новітніх технологій у сфері ендопротезування має важливе значення для покращення якості життя пацієнтів, зменшення рівня інвалідизації та підвищення ефективності ортопедичної допомоги. Саме тому детальний аналіз існуючих методики і перспектив їх удосконалення є актуальним завданням для сучасної медичної науки та інженерії. Окрім технічних аспектів, важливим питанням залишається економічна доступність ендопротезування. В Україні значна частина операцій фінансується за кошти пацієнтів, що може обмежувати доступ до високоякісних імплантів та сучасних методики хірургічного втручання. Водночас державні програми та міжнародні ініціативи спрямовані на покращення ситуації, однак їхньої реалізації ще бракує для повного забезпечення потреб населення. Дослідження сучасних технологій ендопротезування допоможе визначити оптимальні варіанти імплантів і методики, які могли б бути доступнішими для широкого загалу.

Ключові слова: ендопротезування суглобів, імпланти, зменшення рівня інвалідизації, підвищення ефективності ортопедичної допомоги

Актуальність дослідження

Ендопротезування суглобів є одним із найважливіших напрямків сучасної ортопедії, спрямованим на відновлення рухових функцій пацієнтів із тяжкими захворюваннями опорно-рухової системи. За останні десятиліття технології ендопротезування значно вдосконалилися, що дозволило суттєво підвищити якість життя пацієнтів та зменшити ризики післяопераційних ускладнень. У роботі буде розглянуто сучасний стан проблеми ендопротезування в Україні, включаючи статистичні дані, законодавче регулювання та доступність відповідних технологій. Буде проведено аналітичний огляд сучасних технологій ендопротезування, їх ефективності та можливих напрямків розвитку.

Мета дослідження

Метою даної роботи є аналіз та порівняння сучасних технологій ендопротезування суглобів, виявлення їхніх переваг та недоліків, а також оцінка перспектив подальшого розвитку цієї галузі в Україні.

Основні матеріали досліджень

Проблема дегенеративно-дистрофічних захворювань суглобів є актуальною для багатьох країн, зокрема й для України, де кількість пацієнтів, що потребують ендопротезування, постійно зростає. Одним із ключових викликів залишається доступність високоякісних протезів та сучасних хірургічних методик для широкого кола пацієнтів. Розвиток медичних технологій дозволяє впроваджувати нові матеріали, методики 3D-друку та біонічні протези, що відкриває перспективи для подальшого вдосконалення цієї сфери [1].

Незважаючи на розвиток новітніх методів ендопротезування у світі, в Україні впровадження передових технологій обмежене. Наприклад, використання роботизованих систем або 3D-друку протезів для створення індивідуальних імплантів все ще є рідкісним явищем у вітчизняних клініках. Багато лікарів не мають достатньої кваліфікації або можливостей для роботи з новітнім обладнанням, що обмежує доступ пацієнтів до сучасних методів лікування. Рішенням цієї проблеми може бути державна підтримка у вигляді інвестицій в медичну інфраструктуру, а також програми навчання та сертифікації лікарів для роботи з інноваційними технологіями [2].

Традиційне ендопротезування суглобів в Україні базується на використанні стандартних металевих або керамічних протезів, які встановлюються в суглобову порожнину пацієнта для заміни пошкоджених або зношених частин суглоба. Ці методи активно використовуються в медичних установах по всій країні, і хоча вони мають багато переваг, таких як доступність і на-

дійність, їх ефективність може обмежуватися застарілими технологіями та високими витратами на імпортовані матеріали.

Металеві та керамічні протези — це один з найпоширеніших методів, що використовуються в Україні для заміни суглобів, зокрема колінних і тазостегнових. Вони зазвичай складаються з титанових або сталевих елементів, які взаємодіють з керамічними компонентами [3]. Металеві протези, попри свою міцність, мають деякі обмеження, такі як схильність до стирання з часом та ризик корозії, особливо за умов поганого догляду. Керамічні протези, в свою чергу, мають високу зносостійкість і менше схильні до пошкоджень, але вони можуть бути більш вразливими до ударів і механічних пошкоджень, що обмежує їх застосування в деяких випадках.

Одним з найперспективніших інноваційних підходів є використання 3D-друку для виготовлення індивідуальних протезів. Цей метод дозволяє створювати протези, що ідеально відповідають анатомії пацієнта, враховуючи всі фізіологічні особливості його тіла. Технологія дозволяє зробити протез не тільки точнішим, але й легшим, оскільки можна використовувати матеріали, що мають високу міцність при мінімальній масі [4]. В Україні вже є медичні установи, які активно застосовують 3D-друк для створення імплантатів для пацієнтів із травмами кінцівок або суглобів, і цей підхід дає можливість зменшити ризик відторгнення протезу та прискорити період реабілітації.

На рисунку 1 [5] представлено протезовану 3D-ногу було розроблено Агунг Дві Джуніанто (2021 рік), викладачем з Інституту технологій Сепулух Нопембер в Індонезії. У співпраці з Джоко Кусванто з M. Biotech його можна завантажити на Thingiverse. Всі файли мають формат STL, а також формат STEP для налаштування. Рекомендується 3D-друк деталей у ABS. Окрім цього, для комплектування протеза вам знадобляться алюмінієві деталі.

Цей проект має шість спільних макетів та чотири ремікси, які всі виглядають успішно. Багато людей у різних частинах світу виявили своє бажання взяти участь у друку цього проекту та додали ремікси із власними розмірами для себе чи інших.

Матеріали: ABS, TPU, PLA, нейлон.

Технологія друку: FDM.

Розроблено: Agung Dwi Junianto та Djoko Kuswanto

Вартість: Безкоштовно [5].

Використання технологій 3D-друку спричинило величезні зміни в тому, як проектується та виготовляються протези, завдяки прискоренню процесів виготовлення протезів і збільшенню функцій і використання протезів (рис. 2 – розробка 2024 року).



Рис. 1. Протезована 3D-нога 2021 рік



Рис. 2. Протезована 3D-нога 2024 рік

Використання новітніх матеріалів, таких як вуглецеві волокна, титанові сплави, кераміка та спеціальні полімери, значно покращило довговічність протезів і знизило ймовірність ускладнень. Титан, завдяки своїй міцності та біосумісності, активно застосовується в ендопротезуванні для виготовлення внутрішніх компонентів протезів. Керамічні компоненти використовуються у заміщенні суглобових поверхонь завдяки їхній зносостійкості та природному вигляду. Вуглецеві волокна ж забезпечують необхідну міцність при значно меншій вазі протезу, що є важливим для пацієнтів, які потребують активної рухової функції після операції [6].

Ще один інноваційний напрямок – це використання біоінженерії та регенеративних технологій для відновлення функцій пошкоджених тканин або суглобів. Зокрема, в Україні почали з'являтися клініки, які використовують клітинні технології для покращення процесу загоєння

після операцій з ендопротезування. Введення стовбурових клітин у зону ампутації або протезованої частини допомагає прискорити загоєння і зменшити ризик відторгнення протезу організмом. Деякі медичні заклади вже проводять експерименти з використанням таких підходів для покращення інтеграції протезів у тканини пацієнта.

Технологія 3D-друку, також відома як адитивне виробництво, стала однією з найбільш революційних у медицині, зокрема в ендопротезуванні. В Україні ця технологія активно застосовується для виготовлення індивідуальних імплантатів та протезів, що дозволяє значно покращити результат операцій, підвищити комфорт пацієнтів та прискорити процес реабілітації. Використання 3D-друку у медичній практиці стало можливим завдяки досягненням у матеріалознавстві та розвитку комп'ютерних технологій, які забезпечують високу точність виготовлення [7, 8].

Основною перевагою 3D-друку є можливість створення індивідуальних протезів, які ідеально відповідають анатомії пацієнта. Це досягається завдяки створенню цифрових моделей суглобів або кінцівок на основі медичних знімків (КТ, МРТ), що дозволяє врахувати всі фізіологічні особливості пацієнта. В Україні вже є кілька медичних установ, які використовують 3D-друк для виготовлення протезів, зокрема для пацієнтів з травмами кінцівок, де стандартні протези не можуть бути оптимально адаптовані [4, 7].

Особливе значення технологія 3D-друку набуває в контексті потреб у протезуванні військових, які отримують складні травми під час бойових дій. В Україні, де вже багато років триває війна, кількість поранених і людей з ампутованими кінцівками зростає, що робить використання 3D-друку особливо актуальним.

Біонічні протези – це сучасні технічні пристрої, які відтворюють функціональність втраченої кінцівки за допомогою інтеграції передових технологій, таких як електроніка, сенсори та штучні інтелектуальні системи. Вони здатні не лише замінити втрачений орган, а й забезпечити більш природний та функціональний рух. В Україні розвиток біонічних протезів лише набирає популярності, хоча вже сьогодні цей напрямок є одним з найбільш перспективних для пацієнтів з ампутаціями кінцівок [8, 9].

Однією з основних переваг біонічних протезів є їх здатність до відтворення більш складних рухів, подібних до тих, що виконуються натуральною кінцівкою. Наприклад, біонічні руки або ноги мають механізми, які дозволяють пацієнтам виконувати точні рухи, наприклад, стискати та розтискати пальці або навіть обертати кисть. На відміну від стандартних протезів, які часто обмежені базовою функцією ходьби або утримання предметів, біонічні моделі можуть відновити широкий спектр рухів, які забезпечують більше незалежності пацієнту у повсякденному житті.

Біонічні протези мають значну перевагу у тому, що вони можуть бути підключені до нервової системи пацієнта. Це дозволяє не тільки управління протезом через рухи м'язів або сигнали від мозку, але й отримання тактильного відчуття, яке є важливим для координації рухів і виконання складних завдань.

Висновки

З поступовим впровадженням 3D-друку, розвитку біонічних технологій, удосконаленням матеріалів та стимулюванням інвестицій в інноваційні проекти, країна має можливість створити конкурентоспроможну галузь, здатну забезпечити високий рівень медичного обслуговування та підтримки пацієнтів.

Залишаючи за собою потенціал для розвитку, Україна може стати важливим гравцем на міжнародній арені в сфері ендопротезування та відновлення після травм.

Розвиток новітніх технологій у сфері ендопротезування має важливе значення для покращення якості життя пацієнтів, зменшення рівня інвалідності та підвищення ефективності ортопедичної допомоги. Саме тому детальний аналіз існуючих методики та перспектив їх удосконалення є актуальним завданням для сучасної медичної науки та інженерії.

Література

1. Протезування та штучні органи: Конспект лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 163 «Біомедична інженерія» / І.Ю. Худецький, Ю.В. Антонова-Рафі, Г. В. Мельник, Є.В. Сніцар ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Електронні текстові дані (1 файл: 21,124Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 184 с.

2. Максименко В.Б., Білошицька О.К., Овчаренко Г.Р., Юр'єва К.О. Трансплантація та штучні органи. Наукова періодика України – НБУВ Національна бібліотека України ім. Вернадського. м. Київ : 2021. № 1.
3. Попадюха Ю.А. // Сучасні технічні та ортопедичні засоби у реабілітації, фізичній терапії, ерготерапії. Т 1. Видавництво: ЦУЛ. Рік видання: 2020. – 563 с.
4. Протезування та штучні органи: Конспект лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 163 «Біомедична інженерія» / І.Ю. Худецький, Ю.В. Антонова-Рафі, Г.В. Мельник, Є.В. Сніцар ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2021. 184 с.
5. 3D друк DІY протезів у 2021 році [Електронний ресурс] : URL: <https://3dreams.com.ua/ua/3d-%D0%B4%D1%80%D1%83%D0%BA-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%B7%D1%96%D0%B2-%D1%83-2021-%D1%80%D0%BE%D1%86%D1%96/>.
6. Манічева Н., Бойчук Н., Кондратюк Д. Дослідження технологій протезування та імплантації зубів. Proceedings of the I International Scientific and Technical Conference “MODERN TECHNOLOGIES OF BIOMEDICAL ENGINEERING” May 25-27, 2022, Odesa, Ukraine. P. 168–170.
7. Попадюха Ю.А. П 57 Сучасні технічні та ортопедичні засоби у реабілітації, фізичній терапії, ерготерапії: Підручник у 2 томах. ТІ / Ю. А. Попадюха. Київ: Центр учбової літератури, 2020. – 563 с.
8. МАНІЧЕВА Наталія, ЧЕБОТАРЬОВА Ганна, РИБЧЕНКО Ксенія. Аналітичний огляд розвитку реабілітаційної інженерії та високотехнологічного протезування. // Proceedings of the II International Scientific and Technical Conference “MODERN TECHNOLOGIES OF BIOMEDICAL ENGINEERING” May 17-19, 2023, Odesa, Ukraine. P. 184-188.
9. Глиняна О.О. Алгоритм реабілітації після первинного ендопротезування кульшового суглоба. URL: <http://www.sportpedagogy.org.ua/html/journal/2011-08/11goothj.pdf>.