

Роль нейротехнологій та штучного інтелекту у сучасному протезуванні

Марія Тарасюк, здобувач¹ (ORCID: 0009-0003-5123-4384), Максим Бондаренко здобувач¹ (ORCID: 0009-0009-7299-3025), Олексій Мацієвський, асистент¹ (ORCID: 0009-0008-2341-8166)

¹ Київський національний університет будівництва і архітектури, м.Київ, Україна

АНОТАЦІЯ

У роботі розглядається еволюція протезування від перших механічних протезів до сучасних біонічних систем та новітніх нейротехнологій. Особливу увагу приділено розвитку нейроінтерфейсів, що забезпечують прямий зв'язок між нервовою системою людини та протезом, дозволяючи відновити не лише рухову функцію, а й тактильні відчуття. Також було проаналізовано сучасний стан протезування в Україні, проблеми та виклики, що виникають у процесі забезпечення пацієнтів сучасними засобами, а також перспективи впровадження нейропротезів у медичну практику.

Ключові слова: нейротехнології, протезування, проектування, біонічні протези, нейроінтерфейси реабілітація, 3D-друк

1. ВСТУП

За останнє десятиліття у світі зробили безліч відкриттів в області нейротехнологій: інтерфейси для нейронів, алгоритми, які декодують або стимулюють ці нейрони, карти мозку, за допомогою яких можна краще зрозуміти орган, що керує пізнанням, емоціями та діями. Ці дослідження важливі для медицини: вони дозволяють створити більш досконалі протези, краще вивчити хворобу Паркінсона, ефективніше лікувати депресії та інші психічні розлади. Але в інновацій є і потенційно темна сторона. Нейротехнології — це інструменти «подвійного призначення». Окрім медичних завдань, їх можуть застосовувати у військових цілях.

2. МЕТА РОБОТИ

Метою даної роботи є дослідження впливу нейротехнологій на розвиток сучасного протезування, визначення їх можливостей у відновленні функцій кінцівок та аналіз перспектив впровадження таких технологій в Україні.

3. ІСТОРІЯ ПРОТЕЗУВАННЯ КІНЦІВОК

Втрата кінцівок була поширеною проблемою протягом тисячоліть, адже людство постійно брало участь у війнах. Перші протези з'явилися ще у Стародавньому Єгипті: археологи знайшли конструкції з дерев'яних пластин, з'єднаних нитками, які могли дозволити собі лише заможні люди. У Давньому Римі використовували бронзові протези ніг, що давали можливість пересуватися. Відомий приклад — полководець Марк Сергій, який воював зі штучною залізною рукою, тримаючи щит. Це стало підтвердженням того, що протезування вже тоді не лише відновлювало функції, а й дозволяло брати участь у боях.

У Середньовіччі конструкції стали складнішими. Зокрема, механічна рука Геца фон Берліхінгена мала кнопки та важелі, що давали змогу згинати пальці окремо і навіть орудувати зброєю. XIX століття стало новим етапом завдяки майстру Джеймсу Джілінгему, який створив понад 15 тисяч естетичних протезів нижніх кінцівок, витрачаючи на один виріб близько 10 днів. Після двох світових воєн, відкриття нових матеріалів і технологій протезування вийшло на

якісно інший рівень. Сьогодні поряд із простими механічними моделями існують сучасні «розумні» біонічні протези, що максимально відтворюють функції втрачених кінцівок.

4. РІЗНОВИДИ СУЧАСНИХ ПРОТЕЗІВ

Використання сучасних технологій дозволяє створювати легкі, реалістичні та функціональні протези кінцівок. Замість дерева та металу зараз застосовують пластик і карбон. Косметичні протези призначені лише для маскування відсутності кінцівки та не виконують складних функцій. Їхня перевага – високий рівень імітації шкіри, а вартість протеза плеча зазвичай складає 3–7 тисяч доларів.

Механічні протези мають модульну конструкцію, що імітує суглоби, і дозволяє виконувати більш складні дії: брати дрібні предмети, кататися на велосипеді, плавати. Виготовляються з нержавіючої сталі, алюмінію та поліаміду, важать до 500 грамів та витримують вантаж до 10 кг. Вартість може сягати десятків тисяч доларів, а обслуговування потрібно приблизно раз на пів року.

Доступною альтернативою стали 3D-друковані протези. Наприклад, інженер із Хорватії створив повноцінний протез руки всього за 30 доларів і два дні роботи. 3D-друк дозволяє швидко та дешево виготовляти нескладні тягові конструкції з високою точністю.

Біонічні протези зчитують електричні імпульси м'язів і передають їх на рухи за допомогою датчиків та сервоприводів. Вони забезпечують природні рухи та різні види хватів, але дорогі, потребують навчання і заряджання. У протезах ніг мікропроцесори контролюють нахил стопи й додають імпульс при відштовхуванні, роблячи рухи максимально природними.

5. ЩО НА НАС ЧЕКАЄ У МАЙБУТНЬОМУ

Поки навіть найсучасніші протези лише зчитують сигнали залишкових м'язів, що обмежує функціонал і забезпечує лише прості рухи. Наступний етап — нейропротезування, коли імпульси зчитуються безпосередньо з нервових закінчень, що дозволяє керувати рухами та навіть отримувати тактильні відчуття. Розробки в цій сфері веде компанія Neuralink, яка вже випробувала чіп

N1 Link на мавпі для керування пінг-понгом та комп'ютерними пристроями силою думки.

Прості нейроінтерфейси вже дозволяють керувати механічною рукою паралізованим людям. У США та в університеті Джона Хопкінса були успішні експерименти з управлінням роботизованими руками для виконання побутових дій. Проте такі системи поки що залишаються поодинокими прототипами, оскільки потребують індивідуального налаштування та тривалого тестування.

6. МЕТОДОЛОГІЯ І ОГЛЯД ГАЛУЗІ ПРОТЕЗУВАННЯ КІНЦІВОК УКРАЇНИ

Оскільки війна в Україні триває, важливо розуміти динаміку та траєкторію розвитку української галузі протезування кінцівок. Тому Protez Hub провів системне дослідження з квітня по липень 2023 року. Було опитано 567 людей з ампутаціями (верхніх, нижніх та комбінованих кінцівок), протезистів-ортезистів, фахівців з реабілітації та власників/директорів протезних підприємств. Це дозволило отримати комплексний огляд потреб, проблем і досягнень у галузі (рис. 1).

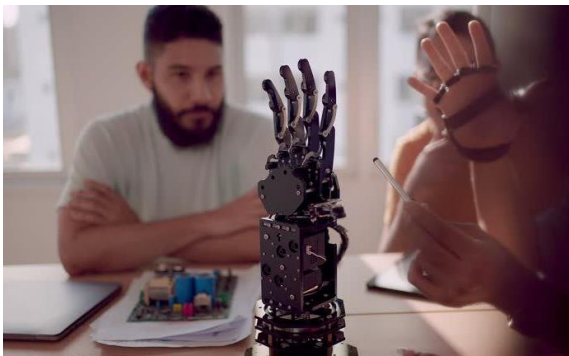


Рисунок.1.Проектування протезів

7. ЯКІСТЬ ТА ДОСТУПНІСТЬ ПОСЛУГ ПРОТЕЗУВАННЯ КІНЦІВОК В УКРАЇНІ

У 2022 році відсутність допротезної реабілітації була серйозною проблемою — 92% пацієнтів не проходили підготовку до протезування. У 2023 році цей показник знизився до 27,8% завдяки активній роботі Protez Hub, освітнім програмам і законодавчим змінам. Більшість пацієнтів (90,1%) отримували протези протягом двох місяців, 88,9% обговорювали цілі протезування з протезистом, а 88,9% були задоволені якістю та зручністю протезів. Проте 14,8% не навчалися користуватися протезами, а частина пацієнтів відчувала тиск у виборі конструкції. Загалом понад 98% осіб з ампутаціями в Україні були забезпечені протезами, а 96,3% — за державною програмою.

8. ФОРМУВАННЯ ПРОБЛЕМИ

Основною проблемою є створення ефективних алгоритмів декодування нервових сигналів, адже нейронна активність у кожній людині унікальна й потребує індивідуального навчання системи. Інтерфейси «мозок-комп'ютер» (ІМК) забезпечують прямий зв'язок між мозком та зовнішніми пристроями, минаючи нерви й м'язи. Їхня

мета в медицині – відновлення або заміщення втрачених функцій у пацієнтів із тяжкими порушеннями. Сучасні протези з елементами штучного інтелекту можуть адаптуватися до користувача, підвищуючи точність і комфорт, що значно покращує якість життя.



Рисунок.2 Використання протезів

9. АНАЛІЗ ДАНИХ ДЛЯ ІНДИВІДУАЛІЗАЦІЇ

Штучний інтелект відіграє ключову роль у сучасному протезуванні, адже дозволяє автоматизувати виробництво та оптимізувати всі його етапи, зменшуючи вплив людського фактора й скорочуючи час виготовлення. Завдяки використанню алгоритмів аналізу даних ШІ забезпечує високу точність і персоналізацію протезів, роблячи їх максимально адаптованими до потреб кожного пацієнта. Це не лише підвищує комфорт та функціональність, а й зменшує ризик ускладнень під час експлуатації. Інтелектуальні системи здатні підлаштовуватися під поведінку користувача, що перетворює протези на більш природне продовження тіла. У результаті застосування ШІ у протезуванні дає змогу значно покращити якість життя людей із фізичними обмеженнями.

10. ВИСНОВОК

Отже, можна зробити висновок, вітчизняна галузь протезування добре розвинена та здатна впоратися з високим попитом, завдяки конкуренції серед надавачів послуг. Важливо підтримувати фахівців і пацієнтів, забезпечувати безперервний професійний розвиток та створювати повний цикл освіти для майбутніх протезистів. Protez Hub і партнери сприяють сталому розвитку галузі через професійні обміни, освітні програми та інформування пацієнтів і їхніх родин про реабілітацію та протезування.

Список літератури

- [1] Український інформаційний медичний портал. URL: <https://ukr-med.net/nove-pokolinnya-proteliziv-yak-nejrointerfejsy-povertayut-vtracheni-funkeziyi/>
- [2] MP Clinic. URL: <https://mpclinic.com.ua/>
- [3] Марина Меркулова – “Prezi”. URL: <https://prezi.com/p/y4kixfylvrbm/presentation/>