

Наталія МАНІЧЕВА, канд. техн. наук, доц.,

Ганна ЧЕБОТАРЬОВА, канд. мед. наук, доц.,

Ксенія РИБЧЕНКО, студентка

Національний університет «Одеська політехніка», м. Одеса, Україна, e-mail: vmanichev@ukr.net,
a.m.chebotareva@gmail.com, 10449479@stud.op.edu.ua

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД РОЗВИТКУ РЕАБІЛІТАЦІЙНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОТЕЗУВАННЯ

Анотація. Одним з найактуальніших напрямків біомедичної інженерії є реабілітаційна інженерія. Це дослідження, розробка, застосування, інженерний супровід засобів і технологій спрямованих на відновлення втрачених органів, частин органів та їх функцій з метою підвищення якості життя людей з фізичними вадами і обмеженнями.

Ключові слова: реабілітаційна інженерія, протезування, біопротезування, медичні технології, високотехнологічне протезування.

Інженерними проблемами охорони здоров'я опікується «біомедична інженерія» (БМІ), яка має такі основні спеціалізації: біомедична електроніка, біомедичні прилади та інструменти, біоматеріали, біомеханіка, біомехатроніка, біоніка, біоінженерія, клітинна, тканинна та генна інженерія, клінічна інженерія, медичні зображення, реабілітаційна інженерія, ортопедична інженерія, системна фізіологія, біонанотехнологія, нейроінженерія, регенеративна інженерія, біокібернетика, біоінформатика та інші. Вони поєднують навички проектування та вирішення інженерних проблем з медичними та біологічними технологіями для поліпшення профілактики, діагностики та лікування захворювань; моніторингу біологічних процесів; збільшення тривалості і підвищення якості життя. Як наслідок, інженерна освіта із самого початку інтегрована з біологією і медициною. Окрім відомих і стандартних функцій інженера в лікувальному закладі, медичні інженери можуть також проводити штучний кровообіг, регулювати роботу штучного серця, програмувати штучні водії серцевого ритму, розраховувати променеве навантаження, розробляти медичну техніку і супроводжувати пов'язані з нею технології, забезпечувати технічний менеджмент лікувальних закладів [1].

Швидкий розвиток медичних технологій і все більш активне використання в них останніх досягнень суміжних наук дозволяють сьогодні вирішувати такі задачі, які ще декілька років тому здавалися нездійсненними. У тому числі – і в області створення штучних органів, здатних все більш успішно замінювати свої природні прототипи.

Біомедична інженерія виникла на перетині точних і медико-біологічних наук як офіційна навчальна дисципліна на початку 1950-х, хоча взаємопроникнення інженерних знань і точних наук в біологію і медицину розпочалось значно раніше. Напрямок біомедичної інженерії започаткували лікарі, залучивши до вирішення медичних проблем провідні технічні університети.

Перші заклади, це: Інститут медичної фізики (1921), в подальшому – Інститут біофізики Макса Планка (Німеччина) та Радіоінженерний інститут (1948, США). В подальшому більшість провідних технічних університетів світу відкрили кафедри та факультети з БМІ. Деякі з них очолили лікарі, як, наприклад, професор фізіології Л.Геддес (Purdue University, США), професор медицини Т.Харріс (Vanderbilt University, США). Були організовані національні та міжнародні фахові асоціації, які об'єднали науковців, викладачів, інженерів і лікарів світу в галузі БМІ. Таким чином, в Європі та США сформувався потужний рух до створення самостійної програми навчання з БМІ, яка більше не є частиною традиційних інженерних програм, а з самого початку повністю інтегрована з медициною і біологією [2].

Офіційне започаткування біомедичної інженерії в Україні пов'язане із створенням у 2004 році відповідної кафедри в КПІ ім. Ігоря Сікорського, а інтенсивний розвиток –

завдячує спільним діям і підтримці з боку технічних університетів Харкова (ХНУРЕ, НАУ ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»), Херсона (ХНТУ), Вінниці (ВНТУ), Тернополя (ТНТУ), Маріуполя (ДВНЗ «ПДТУ»), Одеси (ОНПУ), Києва (НАУ), Сум (СумДУ), Львова (НУ «Львівська політехніка»), Житомира (ДУ «Житомирська політехніка») та інших. Ці університети зробили значний внесок у розвиток напряму біомедичної інженерії. Закладено міцний фундамент майбутніх наукових шкіл, спрямованих на розбудову в Україні 6-го технологічного укладу! Міністерство освіти і науки України розпочало і підтримує потужний рух у цьому напрямку.

Створена підкомісія НМК МОН України (Наказ № 150 від 26.02.2010 р., № 582 від 29.04.2019) із розробки стандартів вищої освіти з біомедичної інженерії. Розроблені Державні стандарти вищої освіти бакалаврів, магістрів і докторів філософії. За дорученням Кабінету Міністрів (від 24.04.2013 за № 17413/0/1–13) та за сприяння МОН, МОЗ і Мінсоцполітики України, затверджені Державні стандарти освіти, погоджені кваліфікаційні характеристики. Наказом Міністерства економіки, розвитку і торгівлі України від 18.11.2014 р. № 1361 «Про затвердження зміни до національного класифікатора України ДК 003:2010» – внесена професія 2149.2 інженер біомедичний. У 2015 році перереєстрована ГО «Всеукраїнська асоціація біомедичних інженерів і технологів». Постановою КМУ від 29 квітня 2015 р. № 266 «Про затвердження переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти» біомедична інженерія включена до переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти.

Протезування, що є суміжною дисципліною між медициною і технікою, тісно пов'язане з ортопедією, травматологією і відновлювальною хірургією. Хоча протезування як окрема дисципліна відокремилась у XIX столітті, відомості про нього трапляються ще у стародавні часи – у грецького історика Геродота, римського історика Плінія та інших. Розрізняють такі основні види протезування:

– анатомічне – виготовлення штучних кінцівок – протезів рук і ніг, зубів, очей, носа, молочних залоз та ін.; у тому числі:

– ендопротезування – імплантація штучних матеріалів (судин, суглобів) у внутрішнє середовище організму;

– екзопротезування – це протези, що закріплюються зовні.

– ектопротезування – це косметичні протези, що закріплюються зовні та виконані з різноманітних матеріалів і покликані відновити зовнішній вигляд втраченої частини тіла.

Ектопротези не виконують функції імітованого органу.

Протезування зубів – на даний момент поділяють на такі види як: мікропротезування, знімне протезування і незнімне протезування, «протезування на імплантатах», бюгельне протезування, мостовидне протезування, умовно-знімне протезування. У більш широкому сенсі протезами вважаються пристрої, які можуть бути включені в більш широку категорію медичних виробів: лікувальне протезування – протези (ортопедичні вироби) – корсети, взуття, бандажі та ін. Окремим видом протезування є виготовлення слухових апаратів. Перша згадка про протези зустрічається в Рігведі, яка повідомляє, що войовниця в бою втратила ногу, і для неї виготовили залізну ногу. Стародавні єгиптяни були знайомі з протезуванням, про що свідчить мумія Нового Царства з дерев'яним пальцем. Довгий час протезування розвивалося слабо. Знамениті піратські крюки і дерев'яні ноги – ранні форми протезів. Після розвитку механіки, ближче до сучасності, стали з'являтися більш досконалі типи протезів, добре імітуючи втрачену частину тіла або навіть здатні рухатися за рахунок вбудованих механізмів. Але це були лише протези зовнішніх частин тіла, протези внутрішніх органів з'явилися вже в століття електроніки, а сучасна медицина, можливо, взагалі виключить протезування завдяки новітнім технологіям стовбурових клітин [3].

Крім протезів кінцівок в сучасній медицині поширені процедури протезування суглобів, зубів і також косметичні протези очей та інших частин тіла. Косметичні протези допомагають людям спілкуватися з особами, які не звикли спілкуватися з понівеченими

людьми без зайвої емоційності. Крім протезування як такого, хірурги знаходили різні рішення часткового повернення функціональності знівеченим кінцівкам. Так, німецький лікар Герман Крукенберг розробив (відразу після Першої світової війни) руку Крукенберга – своєрідну «клешню», яка робиться з кінців променевої та ліктьової кісток у поранених з травматичною ампутацією кінцівок.

Одним з важливих напрямків сучасної медицини – є створення штучних органів. Штучні органи – це створені людиною органи-імпланти, які можуть замінити справжні органи тіла. Незважаючи на те що практично всі експериментальні «моделі» знаходяться в розробці, схоже, що незабаром вчені зроблять справжню людину зі штучних органів. Сучасна медична техніка дозволяє замінювати повністю або частково хворі органи людини. Електронний водій ритму серця, підсилювач звуку для людей, які страждають на глухоту, кристалик зі спеціальної пластмаси – ось тільки деякі приклади використання техніки в медицині. Дедалі більшого поширення набувають також біопротези, що приводяться в рух мініатюрними блоками живлення, які реагують на біоструми в організмі людини.

Під час складних операцій, що проводяться на серці, легенях або нирках, неоціненну допомогу медикам надають «Апарат штучного кровообігу», «Штучні легені», «Штучне серце», «Штучна нирка», які приймаючи на себе функції оперованих органів, дозволяють на час призупинити їх роботу.

Нещодавно вчені створили прилади, які допомагають людям, які втратили зір – повністю або частково. Чудо-окуляри, наприклад, розроблені в науково-впроваджувальній виробничій фірмі «Реабілітація» на основі технологій, що використовувалися раніше лише у військовій справі. Подібно нічному прицілу, прилад діє за принципом інфрачервоної локації. Чорно-матові скельця окулярів насправді являють собою пластини з оргскла, між якими укладено мініатюрний локаційний пристрій. Весь локатор разом з оправою важить близько 50 грамів – приблизно стільки ж, скільки і звичайні окуляри. І підбирають їх, як і окуляри для зрячих, строго індивідуально, щоб було і зручно, і красиво. «Лінзи» не тільки виконують свої прямі функції, але і прикривають дефекти очей. З двох десятків варіантів кожен може вибрати для себе найбільш підходящий. Користуватися окулярами зовсім не важко: треба вдягнути їх і включити живлення. Джерелом енергії для них служить плоский акумулятор розмірами з сигаретну пачку. Тут же, в блоці, поміщається і генератор. Випромінювані їм сигнали, натрапивши на перешкоду, повертаються назад і уловлюються «лінзами-приймачами». Прийняті імпульси посилюються, порівнюються з граничним сигналом, і, якщо є перешкода, негайно звучить зумер – тим голосніше, чим ближче підійшла до неї людина. Дальність дії приладу можна регулювати, використовуючи один з двох діапазонів. Роботи зі створення електронної сітківки успішно ведуться американськими фахівцями НАСА і Головного центру при університеті Джона Хопкінса. І, нарешті, останнє слово науки на сьогоднішній день – спроба методами сучасної мікротехнології створити нові чутливі центри на пошкодженій сітківці. Такими операціями займаються зараз в Північній Кароліні. Спільно з фахівцями НАСА вони створили перші зразки субелектронної сітківки, яка безпосередньо імплантується в око.

Зараз відомими виробниками біонічних протезів є: Ossur (Ісландія), Ottobock (Німеччина), Vincent Systems (Німеччина), Taska (Нова Зеландія), та Steeper (Великобританія). Завдяки сучасним матеріалам, збалансованому розміщенню двигунів, сенсорних датчиків та містких акумуляторів, розробники протезів змогли створити біонічний протез, здатний до більшості повсякденних дій

Limb Quantum – це мікроелектрична рука, яка виготовлена із титанових частин для збільшення на 50%. при транспортуванні вантажу, сила хвату збільшується на 30%, та швидкість реакції збільшується на 30%, покращення естетичність рухів.

Четверте покоління серії протезів кисті, VINCENTevolution4, засноване на успішній концепції приводу VINCENTevolution3 і ні в чому не поступається їй за силою захоплення і швидкості. За допомогою рук нового покоління реалізовано безліч інновацій. Протез

безкомпромісно водонепроникний, пальці, вкриті гелем, рухаються більш плавно, а гнучке розташування п'ястно-фалангових суглобів дозволяє природним чином стискати пальці, злегка розкинувши руку. Це робить руку ще більш естетичною, більш міцною і зручною [4].

Універсальна система EvalTech (BYE Technologies, США) для функціонального тестування, оцінки професійних рухів і навичок з наступною реабілітацією забезпечує: імітацію професійних дій і рухів; моделювання різних виробничих ситуацій.

Особливості: функціональні можливості дозволяють відтворювати рухи будь-якої фізичної діяльності; проведення унікальних одночасних вимірів зусиль лівої і правої кінцівок; виконання стандартних протоколів тестування професійної діагностики, що пройшли незалежну перевірку; аналіз функціонального діапазону рухів; точно відповідає вимогам виробничого середовища працівників.

Переваги: імітація різних професійних дій і рухів; документування і збереження результатів; об'єктивна оцінка професійної придатності і рівня інвалідності; проведення тестів у інвалідному візку; набір спеціальних адаптерів, що обертаються на 360 градусів для імітації вправ під будь-яким кутом; складання повної просторової карти діапазону доступних для пацієнта рухів з будь-якого положення; ПЗ має програми з тестами і вправами.

Застосування: виробнича реабілітація; оцінка ізольованих і комбінованих рухів; ортопедична оцінка і фізична реабілітація; оцінка ефективності навчання новим виробничим навичкам; тести професійної придатності; моделювання виробничих ситуацій; підвищення рівня професіоналізму; визначення рівня інвалідності; функціональна оцінка потужності; вимір сили; функціональний аналіз прогресу фізичної реабілітації; забезпечення повної оцінки функціонального ROM, ДЕ 1 – у зігнутому положенні, 2 – у ротації, 3 – сидячи [5].

Висновки

В даний час протезування досягло помітного успіху. Біопротезування здатне значно покращити якість життя людини, яка перенесла ампутацію. Наукові дослідження в галузі біопротезування не уповільнюють темпів, надалі можна буде очікувати, що протези отримають більший спектр можливостей, стануть легкими, сильними, чутливими, енергоємними та максимально адаптованими до потреб людини, що чуйно відповідають усім її запитам. Також не виключено, що незабаром з'являться інноваційні розробки з новими можливостями, які дозволять біонічним протезам перевершувати за своєю функціональністю природні кінцівки.

На даний момент існує два основних напрямки розвитку біонічних протезів. По-перше, дати власнику можливість відчувати об'єкт, якого він торкається, тобто зробити протез чутливим. По-друге, позбавитися необхідності щоразу знімати і надягати протез (при прийомі душу або перед сном), тобто потрібно живлення всіх складових частин.

На жаль, високотехнологічне протезування поки що мало поширене через високу вартість, найвідоміші випадки отримання біонічного протезу належить до благодійності приватних організацій або громадського збору коштів. Проте державні програми, спрямовані на розвиток біонічного протезування, вже існують.

На сучасному етапі розвитку протезування людство виявляє великий інтерес до даної технології, а багато хто навіть вітає її впровадження, що свідчить про готовність соціуму прийняти цей ступінь технологічного прогресу в медицині. Крім того, цей інтерес демонструє, що суспільство активно готується до впровадження штучних органів та позитивної адаптації людей з інвалідністю.

Література

1. Максименко В.Б., Білошицька О.К., Овчаренко Г.Р., Юр'єва К.О. // Трансплантація та штучні органи. // В.Б. Максименко, О.К. Білошицька, Г.Р. Овчаренко, К.О. Юр'єва. – Наукова періодика України – НБУВ Національна бібліотека України ім. Вернадського. м. Київ : 2021. – № 1.

2. Дискусія Автор: В.П. Яценко, проф., зав.каф. медичної кібернетики та телемедицини, декан ММІФ НТУУ «КПІ», В.Б. Максименко, проф., заступник директора НІССХ ім. М. Амосова АМНУ, зав. кафедри БМІ ММІФ НТУУ «КПІ» – 2007.

3. Манічева Н., Бойчук Н., Кондратюк Д. Дослідження технологій протезування та імплантації зубів. / Н. Манічева, Н. Бойчук, Д. Кондратюк. // Proceedings of the I International Scientific and Technical Conference “MODERN TECHNOLOGIES OF BIOMEDICAL ENGINEERING” May 25-27, 2022, Odesa, Ukraine. P. 168-170.

4. Попадюха Ю.А. // Сучасні технічні та ортопедичні засоби у реабілітації, фізичній терапії, ерготерапії. Т 1. // Автор: Ю.А. Попадюха. // Видавництво: ЦУЛ. Рік видання: 2020. – 563 с.

5. І.Ю. Худецький, Ю.В. Антонова-Рафі, Г.В. Мельник, Є.В. Сніцар. 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.