

РОЗРОБКА ІННОВАЦІЙНИХ ІМПЛАНТІВ ДЛЯ ЛІКУВАННЯ ТРАВМ ШИЇ: СУЧАСНІ ПІДХОДИ ТА БІОМЕДИЧНІ РІШЕННЯ

Вінницький національний медичний університет імені М. Пригова

Анотація

У роботі розглянуто сучасні тенденції в розробці штучних імплантів для лікування травм ший, зокрема проникаючих поранень, що вимагають високої точності та індивідуалізованого підходу до пацієнта. Оцінено використання передових технологій, таких як 3D-друк, біоактивні покриття та інтелектуальні імпланти, які здатні реагувати на фізіологічні зміни організму. Виявлено, що ці технології сприяють швидкому загоєнню, знижують ризик ускладнень, а також дозволяють покращити довготривалу стабільність і функціональність імплантів. Стаття також акцентує увагу на перспективах застосування таких імплантів в умовах обмежених медичних ресурсів та воєнних конфліктів. Підкреслено важливість подальших досліджень для удосконалення матеріалів та технологій виготовлення імплантів, а також для зниження ризиків відторгнення та інфекцій.

Ключові слова: штучні імпланти, травми ший, 3D-друк, біоактивні покриття, інтелектуальні імпланти, тканинна інженерія, інноваційні технології, регенерація тканин.

Abstract

The paper reviews current trends in the development of artificial implants for the treatment of neck injuries, in particular penetrating wounds that require high precision and an individualized approach to the patient. The use of advanced technologies, such as 3D printing, bioactive coatings, and intelligent implants that can respond to physiological changes in the body, is analyzed. It is found that these technologies promote rapid healing, reduce the risk of complications, and improve the long-term stability and functionality of implants. The article also focuses on the prospects for using such implants in conditions of limited medical resources and military conflicts. The importance of further research to improve materials and technologies for the manufacture of implants, as well as to reduce the risks of rejection and infections is emphasized.

Keywords: artificial implants, neck injuries, 3D printing, bioactive coatings, intelligent implants, tissue engineering, innovative technologies, tissue regeneration.

Штучні імпланти відіграють ключову роль у сучасній біомедицині, забезпечуючи функціональне відновлення пошкоджених тканин, органів і структур організму. Особливе значення вони мають у хірургічному лікуванні критичних травм, таких як проникаючі поранення ший, де анатомічні структури піддаються значним механічним навантаженням і можуть бути серйозно пошкоджені. Незважаючи на значний прогрес у розробці біосумісних матеріалів, ефективне застосування імплантів залишається складним завданням через ризики відторгнення, інфекційних ускладнень, а також необхідність забезпечення довготривалої функціональності та структурної стабільності. Особливо актуально це питання постає на догоспітальному етапі в умовах обмежених медичних ресурсів, а також у віддалених регіонах, де доступ до високотехнологічної медичної допомоги може бути обмеженим. Важливими аспектами сучасної хірургії залишаються забезпечення адекватного відновлення функцій дихання, прийому їжі та захисту структур шийного відділу хребта за допомогою передових імплантологічних рішень.

Метою даної роботи є проведення ретроспективного аналізу сучасних наукових праць, присвячених розробці та клінічному застосуванню штучних імплантів для відновлення пошкоджених структур ший, оцінка їх ефективності, перспектив подальших досліджень та потенціалу використання в умовах воєнних конфліктів і масових уражень.

Швидке впровадження нових біоматеріалів у медичну практику зазвичай є складним та поетапним процесом. Полієфірефіркетон (РЕЕК) поступово став основним матеріалом для виготовлення імплантів у хірургії хребта та ортопедії. Його поширення можна порівняти з еволюційним процесом, де менш ефективні альтернативи, як-от Ultrapek, були витіснені з ринку, а інші, такі як полісульфон, зазнали невдач через короткотривалі клінічні результати. Як відзначають автори попередніх досліджень, успіх РЕЕК значною мірою був зумовлений стабільним виробництвом спеціально

розроблених для медичної галузі матеріалів, що відповідають сучасним регуляторним вимогам якості та сертифікації.

Незважаючи на те, що лише один глобальний виробник на сьогодні пропонує РЕЕК з довгостроковим дозволом на імплантацію, зростаючий попит на ці матеріали стимулює значний інтерес до створення нових РЕЕК-композитів, зокрема біоактивних.

У своїй роботі [1] автори узагальнили великий обсяг наукових даних щодо структури, механічних властивостей та хімічної стійкості поліарилефіркетонів (РАЕК). Такі дослідження допомагають зрозуміти, чому ці полімери мають високу механічну міцність, хімічну інертність та біосумісність, що робить їх перспективними матеріалами для медичних застосувань. Їх властивості дозволяють зменшити ризик небажаних біологічних реакцій, порівняно з іншими матеріалами, що використовуються в клінічній практиці протягом десятиліть.

На сьогоднішній день РЕЕК активно використовується у хірургії хребта завдяки своїй радіопрозорості, що значно полегшує візуальний контроль під час операцій. Однак у більш традиційних медичних галузях, таких як заміна суглобів або лікування переломів, ця перевага не має такого критичного значення. Перспективними напрямками залишаються розробки ізоеластичних стрижнів та поверхнева заміна кульшового суглоба, хоча ці підходи ще перебувають на ранніх стадіях клінічного застосування і потребують багаторічних досліджень для оцінки їх ефективності. Тим не менш, для хірургії хребта, де довгострокові рішення залишаються обмеженими, РЕЕК зберігає своє значення як один із найперспективніших матеріалів для створення інноваційних імплантатів [1].

Розробка біоміметичних штучних шийних дисків, які імітують природні властивості міжхребцевих дисків, дозволяє зберігати рухливість хребта та зменшувати ризик дегенеративних змін у сусідніх сегментах. Такі імпланти виготовляються з використанням передових біоматеріалів та технологій, що забезпечують їхню ефективність та довговічність [2]. Хоча це дослідження має певні обмеження, його результати вказують на те, що застосування біоміметичного штучного міжхребцевого шийного диску (англ. «Cervical disc replacement» (CDR)) (biomimetic artificial intervertebral CDR (bioAID)) може забезпечити збереження міждискового тиску (IDP) і сегментної кінематики прилеглих рівнів хребта на рівні, подібному до природного стану. Такі дані підтримують припущення, що використання інноваційного біоAID для заміни значно дегенерованих міжхребцевих дисків (IVD) може бути перспективним варіантом терапії. Завдяки збереженню нормальної рухливості та навантаження на оброблених і прилеглих рівнях хребта, біоAID може зменшити ризик розвитку дегенеративних змін у сусідніх сегментах. Проте, для підтвердження його безпеки та ефективності порівняно з іншими сучасними методами лікування необхідні додаткові доклінічні дослідження з використанням великих тваринних моделей [2].

Інноваційні тканинно-інженерні імпланти розробляються для пацієнтів з пошкодженнями голосових зв'язок, зокрема після хірургічних втручань на гортані. Ці імпланти сприяють регенерації тканин та відновленню функції голосу, що є важливим аспектом реабілітації після травм ший. Розробка нової технології дослідниками з Університету Пердью та Медичної школи Університету Індіани може в майбутньому стати важливим кроком у лікуванні пацієнтів з важкими ушкодженнями голосових зв'язок, отриманих під час хірургічних втручань на гортані [3].

Спільна команда біомедичних інженерів із Пердью та клініцистів з Індіанського університету розробила тканинні замінники для реконструкції пошкоджених ділянок гортані.

Гортань — це складний анатомічний орган, що включає зовнішній хрящовий каркас, який забезпечує структурну підтримку, внутрішні м'язи, відповідальні за скорочення та контроль голосу, ковтання і дихання, а також вібраційне покриття, необхідне для створення звуків.

Щороку тисячі пацієнтів із онкологічними ураженнями гортані або серйозними травмами проходять процедуру тотальної ларингектомії, під час якої видаляється весь орган. Після такої операції пацієнти втрачають можливість говорити природним голосом і дихають через штучний отвір у шиї, відомий як стома.

Як зазначає Стейсі Халум, ларинголог із досвідом хірургії голови та шиї, існує дуже мало варіантів для відновлення гортані, які дозволяють повернути її природний вигляд, структуру та функціональність [4]. На сьогоднішній день хірурги іноді використовують місцеві або вільні тканинні трансплантати для закриття дефектів гортані, однак такі тканини часто втрачають об'єм, утворюють рубці і не можуть повноцінно відновити функцію голосоутворення, оскільки не здатні до активних рухів.

Хоча впровадження таких технологій у практику ще потребує часу, нові пристрої вже сьогодні можуть значно розширити наші знання про роботу спинного мозку, не завдаючи йому додаткових пошкоджень. Це може відкрити нові можливості для лікування таких захворювань, як хронічний біль, запалення та гіпертонія, що підтверджує великий потенціал цього підходу для поліпшення якості життя пацієнтів.

Висновки

Сучасні тенденції у розробці імплантів для лікування травм шиї визначають, що використання технологій 3D-друку дозволяє створювати імпланти, які точно відповідають індивідуальним анатомічним особливостям пацієнта. Це є особливо важливим при складних пораненнях шиї, де важливо забезпечити високу точність та сумісність імплантату з навколишніми тканинами, що сприяє швидшому загоєнню та знижує ризик ускладнень.

Розробка імплантів, здатних реагувати на фізіологічні зміни організму, такі як зміна температури або рівня рН, дозволяє значно покращити ефективність лікування. Ці імпланти можуть адаптуватися до змін у стані пацієнта, що знижує ризик інфекцій та ускладнень, а також дозволяє забезпечити постійний моніторинг процесу загоєння.

Використання біоактивних покриттів для імплантів, які стимулюють ріст кісткової тканини та зменшують ймовірність інфекцій, є важливим напрямом у розвитку нових медичних технологій для лікування травм шиї. Такі покриття сприяють пришвидшенню процесів регенерації та покращують загальний результат лікування.

Інноваційні підходи дозволяють значно підвищити ефективність лікування травм шиї, знижуючи ризики ускладнень і забезпечуючи більш індивідуалізований підхід до кожного пацієнта.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Kurtz, S. M. (2011). PEEK biomaterials in trauma, orthopedic, and spinal implants. *Biomaterials Science and Engineering*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2040108/>
2. Jacobs, C. A. M. (2023). A biomimetic artificial cervical disc replacement: biomaterial and biomechanical design characterization. *PhD Thesis 1 (Research TU/e / Graduation TU/e), Biomedical Engineering*. Eindhoven University of Technology.
3. Brookes, S., et al. (2020). Laryngeal reconstruction using tissue-engineered implants in pigs: a pilot study. *The Laryngoscope*. <https://doi.org/10.1002/lary.29282>
4. Halum, S. L., Bijangi-Vishehsaraei, K., Saadatzaheh, M. R., & McRae, B. R. (2019). Differences in laryngeal neurotrophic factor gene expression after recurrent laryngeal nerve and vagus nerve injuries. *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology*, 122(10), 653-663. <https://doi.org/10.1177/000348941312201009>

Федотова Вікторія Володимирівна - студентка 5 курсу, факультет лікувальний №1, Вінницький національний медичний університет імені М. Пригова, м. Вінниця, e-mail: : vi.fedotova02@gmail.com

Fedotova Viktoriia V. –student 5rd year of the Faculty of Medicine 1, Medicine National Pirogov Medical University Vinnytsya, Vinnytsya, e-mail: vi.fedotova02@gmail.com