

УДК 617.57-089.843-77(09)

DOI: 10.24061/1727-0847.23.3.2024.60

***І. Г. Бірюк, Т. В. Хмара\*, П. Є. Ковальчук\*\*, Т. В. Комар\*\*\*, І. І. Заморський\*\*\*\****

*Кафедри медицини катастроф та військової медицини (зав. – доц. І. Г. Бірюк); \*анатомії людини імені М. Г. Туркевича (зав. – проф. В. В. Кривецький); \*\*травматології, ортопедії (зав. – доц. П. Є. Ковальчук); \*\*\*патологічної анатомії (зав. – проф. І. С. Давиденко), \*\*\*\*фармакології (зав. – проф. І. І. Заморський) закладу вищої освіти Буковинського державного медичного університету МОЗ України, м. Чернівці*

## **ІСТОРІЯ ТА СЬОГОДЕННЯ ЗОВНІШНЬОГО ПРОТЕЗУВАННЯ ВЕРХНІХ КІНЦІВОК**

Наука – не предмет чистого мислення,  
а предмет мислення, що постійно  
залучається до практики і постійно  
підкріплюється практикою.

Ось чому наука не може вивчатися  
у відриві від техніки.

*Джон Бернал*

---

**Резюме.** Історія становлення протезування сягає давніх часів та тісно пов'язана з воєнними діями. Саме під час збройних конфліктів збільшувалася частота поранень та втрати кінцівок, що у результаті стимулювало розвиток відновних технологій. Упродовж століть протези вдосконалювалися, набували нових можливостей та зовнішнього вигляду, однак як і колись, так й тепер функціональні можливості протезів є відображенням існуючим знанням анатомії та фізіології кінцівок.

Перші протези, які сьогодні є цінними експонатами різних музеїв світу, лише приховували анатомічні дефекти, вони були виготовлені хоча з доступних, але не завжди легких матеріалів та найчастіше були дерев'яними. Згодом удосконалення кріплення та додавання металевих деталей дозволило не тільки маскувати дефекти, але й виконувати найпростіші рухи, такі як захоплення і піднімання об'єктів.

Перша, а згодом і Друга світові війни значно прискорили розвиток протезування. Прогрес пов'язаний з двома важливими моментами: відкриття антибіотиків та удосконаленням техніки ампутації. Однак, історія протезування до кінця XIX ст. характеризується зусиллями окремих лікарів, техніків, винахідників та самих інвалідів певною мірою заповнити функцію втраченої кінцівки.

У медичній науці кожне велике відкриття має під собою ґрунт численних спроб та набутих знань. Багатосторонній підхід дозволив у 2010 році створити новий вид протезів – біонічних. Біонічні пристрої працюють через електричні імпульси, які передаються безпосередньо від м'язів користувача, відтворюючи найрізноманітніші рухи.

У зв'язку з війною в Україні останні роки відзначається збільшення кількості ампутацій верхніх кінцівок, що потребує ґрунтовних знань про анатоμο-функціональні особливості кукук верхніх кінцівок та удосконалення технологічних процесів виготовлення протезів пальців, передпліччя, плеча. У Національному реабілітаційному центрі «Незламні» Першого медоб'єднання Львова встановили перший біонічний протез руки. Завдяки спеціальним сенсорам біонічний протез руки може відтворювати звичні рухи.

Аналізуючи історію становлення протезів верхніх кінцівок, очікується, що війна в Україні зумовить бурхливий розвиток протезування у цілому світі.

**Ключові слова:** медичні відкриття, протезування, верхня кінцівка, реабілітація, людина.

Протези – механічні пристосування, що замінюють відсутні сегменти кінцівок чи іншої частини тіла та слугують для косметичного та функціонального поповнення дефекту. На сьогодні протезування розглядається як етап медичної реабілітації та багато в чому визначає його результати та можливість інтеграції інваліда в сучасному суспільстві [1-2].

Історію створення протезів можна порівняти з історією цивілізації. Витоки протезування сягають V-III століть до н. е., про що свідчать історики стародавніх століть. Римський історик Пліній повідомив про полководця, який втратив руку під час Пунічної війни (218-201 рр. до н. е.), який за допомогою виготовленої спеціальної залізної руки міг утримувати щит.

Один із найстаріших протезів, що збереглися, знаходиться в хірургічному музеї Англії і відноситься до III століття до н. е. Цікавий протез руки від 1509 р. зберігся у Нюрнберзькому музеї. Протез був виготовлений із металу, а пасивно-рухливі пальці зі спеціальним замком міцно утримували предмети.

У 2001 році дослідники, які працювали в музеї Каїра, ідентифікували в одному з експонатів, що зберігався в запасниках, залишки протезу правої руки. Досить складний пристрій було виготовлено, мабуть, для високопоставленого пацієнта приблизно за часів засновника III династії фараона Джосера (2780-2760 рр. до н. е.). За своєю функціональністю цей пристрій перевершував навіть ряд сучасних зразків. Цей протез, що кріпився до тіла за допомогою системи шкіряних ременів, дозволяв виконувати рукою ряд основних рухів. Частина ременів виконувала функцію сухожилків, «передаючи» на руку «команди». Наприклад, згинанням лівої ноги в коліні можна було викликати згинання в ліктьовому шарнірі, а поворот тіла вправо і вліво викликав згинання та розгинання штучної кисті [3-6].

Перше документально підтвержене повідомлення створення штучної руки датується 1504-1509 рр. Невідомий майстер зброї зробив залізну руку для лицаря Геца фон Берліхінгена (Німеччина), за його власними вказівками. Цікаво те, що всі рухи штучної руки: згинання пальців у всіх фалангах та їх фіксація в будь-якому положенні, згинання кисті здійснювалося здоровою рукою. Механізми шарнірів працювали за принципом зведення та спуску курка рушниць. Згинання пальців відповідало взводу курка, а випрямлення – пострілу з рушниць. Кожен окремий суглоб міг утримуватись у будь-якому положенні завдяки багатозубчастим храповим механізмам. Кожен палець окремо міг бути зігнутий у будь-якому суглобі на потрібний кут [7, 8].

Значний і важливий крок уперед було зроблено у 1812 р., коли було опубліковано опис штучної руки нової конструкції. Творцем цього пристрою був зубний лікар та хірургічний технік Балліф (Ballif) із Берліна. Він уперше створив протез зі штучною кистю, який розкривався рухом кукси, а закривався за допомогою пружин. Розкриття кисті відбувалося під час випрямлення кукси передпліччя, при цьому натягувалася сполучна тяга, прикріплена до грудного поясу та ременя, що починався на рівні плеча. При спокійно опущеній руці пальці за допомогою спіральних пружин були стиснуті в кулак. У 1836 р. протез Балліфа був удосконалений Кароліною Ейхлер із Берліна. Протез забезпечував не тільки активний рух, але й одночасно пасивне встановлення пальців кисті за допомогою здорової руки [9, 10].

У 1848 р. голландець ван Петерсен (van Peetersen) винайшов протез плеча, який закріплювався на спеціальному шкіряному корсеті. Згинання пальців здійснювалося пружиною, а розкриття кисті виконувалося відведенням руки (рухом лопатки), що дозволяло розкривати кисть за будь-якого положення згинання в ліктьовому шарнірі. Згинання в лікті виконувалося виносом кукси плеча вперед [3, 9]. У протезі передпліччя було використано вдосконалений принцип Балліфа.

Використання активних рухів збережених сегментів кінцівки набуло загального схвалення. Позитивний ефект їх застосування був очевидним, і основним напрямом пошуку стало вирішення питання ефективного застосування залишкових рухів руки, включаючи зведення та розведення лопаток.

Паризький інструментальний майстер Коллен запропонував використати для управління протезом руки рухи тулуба. Він виготовив для хлопчика з наслідками залізничної травми два протези: протез після вичленування плеча та протез плеча. Керівні тяги з'єднувалися через вушка корсетом з петлями на стегнах. При нахилі тулуба вправо чи вліво відбувалося згинання протезів у ліктьовому шарнірі. Одним із значних недоліків цих пристроїв була їхня дорожнеча [10].

У 1860 р. граф Бофор представив до Паризької Академії наук штучну руку, яка виконувала функції руху більш простими засобами. Пристрій виявився настільки дешевим у виготовленні, що став доступним для небагатих людей і міг видаватися коштом громадського фонду допомоги бідним. Згинання в ліктьовому шарнірі даного протезу здійснювалося здоровою рукою. При цьому рука фіксувалася у зігнутому положенні завдяки спеціальному гачку. Розкриття кисті здійснювалося рухом стегна.

У 1860 р. майстер Мат'є видозмінив спосіб керування, скориставшись рухом плеча вперед і на-

зад. Рух уперед відповідав згинанню передпліччя, а рух назад – розкриттю кисті. Посилення тяг передавалося до механізмів від пахвової петлі, закріпленої на протилежній руці [11].

Даліш і Шарієр (Dalish, Charriere) зробили першу спробу використовувати згинання та розгинання, а надалі пронацію та супінацію довгої кукси передпліччя для руху пальців – при пронації здійснювалося захоплення предмета, а при супінації – розтискання.

У 1861 р. Бофор сконструював перший протез без кисті, так званий «робочий» протез. У 70-ті роки XIX століття французький лікар Грипуїло виготовив пристосування до протезу руки для виконання деяких робіт; утримувачі для інструментів (гачок, кільце, затискач) виготовлялися на будь-який рівень ампутації верхньої кінцівки. Необхідно наголосити, що основні принципи цих «робочих» протезів розвиваються і вдосконалюються досі.

Деякі винахідники намагалися використовувати зовнішню енергію як джерело руху протезів. Так у 1877 р. Далиш [9] запропонував «пневматичний протез плеча».

Поштовхом до розвитку технічних засобів протезування стала Перша світова війна. Почалося відтворення забутих індивідуальних протезних пристроїв. З'явилися численні нові конструкції активних протезів рук, які приводилися в дію рухом залишкових сегментів безперервно та реверсивно.

Внаслідок складності конструкції, великої маси та незадовільної функції ряд технічних удосконалених систем верхніх кінцівок виявилися невдалими та інвалідами не використовувалися (рука Бете, Трендле, Фішера, Кернса та ін.). У протезі Беті могли здійснюватися рухи у всіх з'єднаннях та протиставлення другого і третього пальців першому. У руці Трендле були можливі три активні захвати: кінцевий, площинний і захват усіма пальцями; при злегка зігнутих пальцях був ще пасивний бічний захват, завдяки притисканню I пальця до інших зігнутих пальців. У кисті Фішера здійснювалося одночасне розкриття чотирьох пальців у дистальних шарнірах, а I – у п'ястково-фаланговому шарнірі, завдяки чому виходив широкий захват. При цьому дані пристрої дозволяли реалізувати зворотний зв'язок щодо положення та зусилля. Вони і зараз, понад 100 років, цілком можуть бути прототипами для подальшого розвитку цього виду технічних засобів [3, 9].

До 1917 р. основним протезом руки став пристрій під назвою «німецька рука». Вона складалася з уніфікованих модулів, дозволяла замінювати передпліччя на робочу частину та вико-

ристовувала відомі методи управління за Балліфом і Петерсеном.

Під час Першої світової війни були створені пасивні плечові кульові шарніри, керовані здоровою рукою, для протезів після вичленування у плечовому суглобі (Трендл, 1916; Ланге, 1917; Бізальський, 1918). Проте внаслідок відсутності активної рухливості та некосметичності протези не набули поширення.

У 1919 р. Шлезінгер описав електромагнітний протез кисті [12].

У цей період з'явилася велика кількість «робочих» пристосувань, але часом дуже складних і громіздких. Hoefman, Spitzu, Feldscaharek [9-12] сконструювали цілу низку пристроїв для самообслуговування після ампутації обох верхніх кінцівок. Почали вважати можливим повернення інвалідів до праці, навіть на заводах були створені спеціальні верстати, на яких можна було працювати інвалідам у «робочих» пристосуваннях.

Історія протезування інвалідів до кінця XIX ст. – це спроби окремих лікарів, техніків, винахідників та самих інвалідів певною мірою заповнити функцію втраченої кінцівки. З часом ці засоби ускладнювалися, удосконалювалися технічно. Це вимагало створення наукових установ, підприємств-виробників напівфабрикатів, створення цілої галузі, яка займається протезуванням інвалідів після ампутації кінцівок. Було організовано протезно-ортопедичні підприємства, де були сконцентровані досвідчені фахівці: лікарі ортопеди-протезисти, техніки-протезисти, слюсарі-збирачі протезних виробів.

Останніми роками в реабілітацію введено поняття «якість життя, пов'язана із здоров'ям» (health related quality of life, англ.). При цьому, саме якість життя розглядають як інтегральну характеристику, на яку треба орієнтуватися при оцінюванні ефективності реабілітації хворих і інвалідів.

Найкращий протез руки у світі – біонічний – був представлений лише у 2010 році. Це зробила компанія RSL Steeper, яка займалася розробками у галузі протезування понад 80 років [13].

Лікарі Дхрув Агравал та Фаїтх Дживахан заснували компанію в Індії, але найкращі умови для її розвитку вони знайшли у Польщі. Їхній Aether Biomedical у Познані виробляє багатофункціональні протези рук і все впевненіше завойовує міжнародні ринки. Останнім часом на ринку штучних кінцівок відбувається завзята гонка за те, хто першим запропонує найтехнологічніший просунутий біонічний протез.

Zeus, з яким компанія вийшла і на міжнародний ринок, – це біонічний пристрій, на який пе-

редаються електричні імпульси від м'язів користувача, відтворюючи рухи пальців протеза. З ним користувач може піднімати предмети, використовувати клавіатуру ноутбука чи смартфона, перегортати сторінки книги чи їсти сухі паличками.

Сьогодні протези верхніх кінцівок потрібні понад 11 млн. людей у світі, згідно з оцінками Aether Biomedical. Світовий ринок високотехнологічних протезів і екзоскелетів зростатиме зі швидкістю 10 % щорічно і досягне вартості 4 млрд. доларів у 2026 році, переконують аналітики ірландського агентства Research And Markets. Дані індійської консалтингової фірми Coherent Market Insights свідчать про те, що у 2022 році цей ринок коштував 1,5 млрд. доларів, а темпи його зростання до 2030 року становитимуть 8,8 % на рік [14].

Новаторські технології та інноваційний дизайн були об'єднані, щоб зробити кисть «bebionic» одним із найреалістичніших і найпростіших у використанні багатошарнірних протезів кисті, доступних на сьогоднішній день. Зручний, інтуїтивно зрозумілий і водночас точний: протез «bebionic» дозволяє розвивати будь-які вміння та навички, покращує якість життя. Це не просто надання допомоги у виконанні простих завдань, таких як зав'язування шнурків, він повертає можливість здійснення контролю над своїм тілом та наповнює почуттям гордості та впевненості у своїх силах [15].

Протезування дітей та підлітків висуває особливі вимоги до людини та технологій. Тому за зразком випробуваної модульної системи, розробленої компанією Ottobock для дорослих, із високоміцного металу було створено особливо легкі, стійкі та функціональні модулі, які спеціально адаптовані до особливих потреб дітей [16, 17].

У зв'язку з війною в Україні останні роки відзначається збільшення кількості ампутацій верхніх кінцівок, що потребує ґрунтовних знань про анатомо-функціональні особливості куки верхніх кінцівок та удосконалення технологічних процесів виготовлення протезів пальців, передпліччя, плеча, після вичленування у плечовому суглобі та після міжлопатково-грудної ампутації [18, 19].

У Національному реабілітаційному центрі «Незламні» Першого медоб'єднання Львова встановили перший біонічний протез руки. Завдяки спеціальним сенсорам біонічний протез руки

може відтворювати звичні рухи. Людина напружує м'яз на ампутуваній кінцівці – і кисть реагує. Як наголосив генеральний директор Першого медоб'єднання Львова Олег Самчук: «Встановлення першого біонічного протеза – це ще один важливий крок до порятунку українців. Цього потребують сотні людей. І ми працюємо, щоб дати їм цю можливість. Українські лікарі відновлять кожного українця, який постраждав від війни, у наших українських лікарнях. Це мета, яку ми ставимо перед собою в Національному реабілітаційному центрі «Незламні» Першого медоб'єднання Львова. І ми до неї йдемо, щодня розвиваючи протезування, реконструктивну хірургію, ортопедію, систему реабілітації як фізичної, так і психологічної» [20, 21].

Поки українські протезисти навчаються новим технологіям державою профінансовано протезування двох українців за кордоном за технологією біонічного протезування. Майже тиждень провели пацієнти у клініці. Проїшли тестування м'язів, створення та тестування кукси-приймача, навчання користуванням протезами. Тепер вони мають змогу повернутись до звичного життя. Отже, технологія біонічного протезування кисті та пальців дозволяє відновити функціональність та кардинально покращити якість життя. Зараз визнаними лідерами у виробництві таких роботизованих рук є британські компанії Steeper, що виготовляє кисть Vibionic і TouchBionic. Але українські протезисти займаються пошуком ділових контактів не лише у Британії, а й у Німеччині, Тайвані та інших країнах [22].

Штучна кисть, яка, по суті, є невеликим комп'ютером із процесором, своїм програмним забезпеченням та батареєю, прикріплена до приймальної гільзи, яку приєднують до кукси. Все це – індивідуальне виготовлення приймальної гільзи для кожного окремого пацієнта, його навчання, налаштування протезу та технічне обслуговування – роблять в Україні.

**Висновок.** Дуже хочеться, щоб у нашій рідній країні нарешті настав мир. Адже, «Мир – найвище благо, якого люди бажають в цьому житті» (Мігель де Сервантес Сааведра). Щоб у ранкових зведеннях повідомляли про кількість новонароджених, а не вбитих, щоб усі ми жили в заможній, успішній, процвітаючій Україні!

### Список використаної літератури

1. Cabrera IA, Pike TC, McKittrick JM, Meyers MA, Rao RR, Lin AY. Digital healthcare technologies: Modern tools to transform prosthetic care. *Expert Rev Med Devices*. 2021 Dec;18(sup1):129-44. doi: 10.1080/17434440.2021.1991309.

2. Geary M, Gaston RG, Loeffler B. Surgical and technological advances in the management of upper limb amputees. *Bone Joint J.* 2021 Mar;103-B(3):430-9. doi: 10.1302/0301-620X.103B3.BJJ-2020-1184.R1.
3. Finch J. The ancient origins of prosthetic medicine. *Lancet.* 2011 Feb 12;377(9765):548-9. doi: 10.1016/S0140-6736(11)60190-6.
4. Finch JL, Heath GH, David AR, Kulkarni J. Biomechanical Assessment of Two Artificial Big Toe Restorations From Ancient Egypt and Their Significance to the History of Prosthetics. *JPO Journal of Prosthetics and Orthotics.* 2012 Oct;24(4):181-91. DOI: 10.1097/JPO.0b013e31826f4652.
5. Thurston AJ. Paré and prosthetics: the early history of artificial limbs. *ANZ J Surg.* 2007 Dec;77(12):1114-9. doi: 10.1111/j.1445-2197.2007.04330.x.
6. Hernigou P. Ambroise Paré IV: The early history of artificial limbs (from robotic to prostheses). *Int Orthop.* 2013 Jun;37(6):1195-7. doi: 10.1007/s00264-013-1884-7.
7. Klimpel V. Berühmte amputierte [Famous cases for amputation]. *Wurzburg Medizinhist Mitt.* 2004;23:313-27. German. PMID: 15633275.
8. Markatos K, Karamanou M, Saranteas T, Mavrogenis AF. Hallmarks of amputation surgery. *Int Orthop.* 2019 Feb;43(2):493-9. doi: 10.1007/s00264-018-4024-6.
9. Zuo KJ, Olson JL. The evolution of functional hand replacement: From iron prostheses to hand transplantation. *Plast Surg (Oakv).* 2014 Spring;22(1):44-51.
10. Kyberd P. History of upper limb prostheses. Elsevier eBooks: 2022 Jan 1;77-105.
11. Britannica T. Editors of Encyclopaedia (2024, October 10). prosthesis. *Encyclopedia Britannica.* <https://www.britannica.com/science/prosthesis>.
12. Salminger S, Mayer JA, Sturma A, Riedl O, Bergmeister KD, Aszmann OC. Prothetische Rekonstruktion der oberen Extremität [Prosthetic reconstruction of the upper extremity]. *Unfallchirurg.* 2016 May;119(5):408-13. German. doi: 10.1007/s00113-016-0174-4.
13. Aman M, Sporer ME, Gstoettner C, Prahm C, Hofer C, Mayr W, et al. Bionic hand as artificial organ: Current status and future perspectives. *Artif Organs.* 2019 Feb;43(2):109-18. doi: 10.1111/aor.13422.
14. Salminger S, Mayer JA, Sturma A, Riedl O, Bergmeister KD, Aszmann OC. Exoprothetischer Ersatz bei Amputationen der oberen Extremität [Exoprothetic Replacement of the Upper Extremity]. *Z Orthop Unfall.* 2016 Aug;154(4):411-24. German. doi: 10.1055/s-0042-108910.
15. Zhang J, Chou CH, Wu X, Pei W, Lan N. Non-Invasive Stable Sensory Feedback for Closed-Loop Control of Hand Prosthesis. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc.* 2022 Jul;2022:2344-7. doi: 10.1109/EMBC48229.2022.9871682.
16. Borghi C, Costi S, Formisano D, Neviani R, Pandarese D, Ferrari A. Effectiveness comparison between carbon spring and hinged ankle-foot orthoses in crouch gait treatment of children with diplegic cerebral palsy: a randomized crossover trial. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2021 Aug;57(4):577-84. doi: 10.23736/S1973-9087.21.06566-7.
17. Huang HH, Hargrove LJ, Ortiz-Catalan M, Sensinger JW. Integrating Upper-Limb Prostheses with the Human Body: Technology Advances, Readiness, and Roles in Human-Prosthesis Interaction. *Annu Rev Biomed Eng.* 2024 Jul;26(1):503-28. doi: 10.1146/annurev-bioeng-110222-095816.
18. Lozynska T, Romenska T. The state and prospects of development of the prosthetic industry in ukraine in the context of wartime social policy. *Economic scope.* 2024 Jan 1. 10.32782/2224-6282/190-36.
19. Юрчишин ОЯ, Семінська НВ, Ромашко АС. Аналіз стану інноваційних рішень в галузі протезування. *Інноваційна економіка.* 2024;1;49-56.
20. Бойко А, Німченко А, Скиба Д, Фадєєв О. Остеоінтеграційне протезування при вогнепальних пораненнях гомілки (огляд літератури). *Матеріали конференцій МЦНД [Internet].* 2024 Feb 1 [cited 2024 Jul 4];(19.01.2024; Кривий Ріг, Україна):489-92. Available from: <https://archive.mcnd.org.ua/index.php/conference-proceeding/article/view/994>.
21. Баско АВ, Собакарь АО, Миронюк СА. Методики реабілітації військовослужбовців, стан функціонування та розвиток реабілітаційних центрів як один із напрямів діяльності органів місцевого самоврядування. *Реабілітаційні та фізкультурно-рекреаційні аспекти розвитку людини (Rehabilitation & recreation).* 2024;18(1):78-93. DOI:10.32782/2522-1795.2024.18.9.

22. Неведомська ЄО, Листуха ЛО, Назарук ВСН. Використання штучного інтелекту в фізичній реабілітації українських військових, що втратили кінцівки [Internet]. *primediaelaunch.com*. 2024 [cited 2024 Jul 4]. Available from: <https://elibrary.kubg.edu.ua/id/eprint/49223>.

#### References

1. Cabrera IA, Pike TC, McKittrick JM, Meyers MA, Rao RR, Lin AY. Digital healthcare technologies: Modern tools to transform prosthetic care. *Expert Rev Med Devices*. 2021 Dec;18(sup1):129-44. doi: 10.1080/17434440.2021.1991309.
2. Geary M, Gaston RG, Loeffler B. Surgical and technological advances in the management of upper limb amputees. *Bone Joint J*. 2021 Mar;103-B(3):430-9. doi: 10.1302/0301-620X.103B3.BJJ-2020-1184.R1.
3. Finch J. The ancient origins of prosthetic medicine. *Lancet*. 2011 Feb 12;377(9765):548-9. doi: 10.1016/S0140-6736(11)60190-6.
4. Finch JL, Heath GH, David AR, Kulkarni J. Biomechanical Assessment of Two Artificial Big Toe Restorations From Ancient Egypt and Their Significance to the History of Prosthetics. *JPO Journal of Prosthetics and Orthotics*. 2012 Oct;24(4):181-91. DOI: 10.1097/JPO.0b013e31826f4652.
5. Thurston AJ. Paré and prosthetics: the early history of artificial limbs. *ANZ J Surg*. 2007 Dec;77(12):1114-9. doi: 10.1111/j.1445-2197.2007.04330.x.
6. Hernigou P. Ambroise Paré IV: The early history of artificial limbs (from robotic to prostheses). *Int Orthop*. 2013 Jun;37(6):1195-7. doi: 10.1007/s00264-013-1884-7.
7. Klimpel V. Berühmte amputierte [Famous cases for amputation]. *Wurzburg Medizinhist Mitt*. 2004;23:313-27. German. PMID: 15633275.
8. Markatos K, Karamanou M, Saranteas T, Mavrogenis AF. Hallmarks of amputation surgery. *Int Orthop*. 2019 Feb;43(2):493-9. doi: 10.1007/s00264-018-4024-6.
9. Zuo KJ, Olson JL. The evolution of functional hand replacement: From iron prostheses to hand transplantation. *Plast Surg (Oakv)*. 2014 Spring;22(1):44-51.
10. Kyberd P. History of upper limb prostheses. Elsevier eBooks: 2022 Jan 1;77-105.
11. Britannica T. Editors of Encyclopaedia (2024, October 10). prosthesis. *Encyclopedia Britannica*. <https://www.britannica.com/science/prosthesis>.
12. Salminger S, Mayer JA, Sturma A, Riedl O, Bergmeister KD, Aszmann OC. Prothetische Rekonstruktion der oberen Extremität [Prosthetic reconstruction of the upper extremity]. *Unfallchirurg*. 2016 May;119(5):408-13. German. doi: 10.1007/s00113-016-0174-4.
13. Aman M, Sporer ME, Gstoettner C, Prahm C, Hofer C, Mayr W, et al. Bionic hand as artificial organ: Current status and future perspectives. *Artif Organs*. 2019 Feb;43(2):109-18. doi: 10.1111/aor.13422.
14. Salminger S, Mayer JA, Sturma A, Riedl O, Bergmeister KD, Aszmann OC. Exoprothetischer Ersatz bei Amputationen der oberen Extremität [Exoprosthesis Replacement of the Upper Extremity]. *Z Orthop Unfall*. 2016 Aug;154(4):411-24. German. doi: 10.1055/s-0042-108910.
15. Zhang J, Chou CH, Wu X, Pei W, Lan N. Non-Invasive Stable Sensory Feedback for Closed-Loop Control of Hand Prosthesis. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*. 2022 Jul;2022:2344-7. doi: 10.1109/EMBC48229.2022.9871682.
16. Borghi C, Costi S, Formisano D, Neviani R, Pandarese D, Ferrari A. Effectiveness comparison between carbon spring and hinged ankle-foot orthoses in crouch gait treatment of children with diplegic cerebral palsy: a randomized crossover trial. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2021 Aug;57(4):577-84. doi: 10.23736/S1973-9087.21.06566-7.
17. Huang HH, Hargrove LJ, Ortiz-Catalan M, Sensinger JW. Integrating Upper-Limb Prostheses with the Human Body: Technology Advances, Readiness, and Roles in Human-Prosthesis Interaction. *Annu Rev Biomed Eng*. 2024 Jul;26(1):503-28. doi: 10.1146/annurev-bioeng-110222-095816.
18. Lozynska T, Romenska T. The state and prospects of development of the prosthetic industry in Ukraine in the context of wartime social policy. *Economic scope*. 2024 Jan 1. 10.32782/2224-6282/190-36.
19. Yurchyshyn OYA, Semins'ka NV, Romashko AS. Analiz stanu innovatsiynykh rishen' v haluzi protezuvannya. *Innovatsiyna ekonomika*. 2024;1;49-56. [in Ukrainian].
20. Boyko A, Nimchenko A, Skyba D, Fadyeyev O. Osteointehratsiynne protezuvannya pry vohnepal'nykh poranennyakh homilky (ohlyad literatury). *Materialy konferentsiy MTSND [Internet]*. 2024 Feb 1 [cited 2024

Jul 4];(19.01.2024; Kryvyi Rih, Ukrayina):489-92. Available from: <https://archive.mcmd.org.ua/index.php/conference-proceeding/article/view/994>. [in Ukrainian].

21. Basko AV, Sobakar' AO, Myronyuk SA. *Metodyky rehabilitatsiyi viys'kovoshuzhbovtiv, stan funktsionuvannya ta rozvytok rehabilitatsiynykh tsentriv yak odyn iz napryamiv diyal'nosti orhaniv mistsevoho samovryadvannya. Rehabilitatsiyi ta fizkul'turno-rekreatsiyni aspekty rozvytku lyudyny (Rehabilitation & recreation)*. 2024;18(1):78-93. DOI:10.32782/2522-1795.2024.18.9. [in Ukrainian].

22. Nevedoms'ka YEO, Lystukha LO, Nazaruk VSN. *Vykorystannya shtuchnoho intelektu v fizychniy rehabilitatsiyi ukrayins'kykh viys'kovykh, shcho vtratyly kintsivky [Internet]. primediaelaunch.com*. 2024 [cited 2024 Jul 4]. Available from: <https://elibrary.kubg.edu.ua/id/eprint/49223>. [in Ukrainian].

## HISTORY AND THE PRESENT TIME EXTERNAL PROSTHESIS OF THE UPPER EXTREMITIES

**Abstract.** The history of prosthetics dates back to ancient times and is closely related to military operations. It was during armed conflicts that the frequency of injuries and loss of limbs increased, which as a result stimulated the development of restorative technologies. Over the centuries, prostheses have been improved and acquired new features and appearance, however, as in the past and now, the functional capabilities of prostheses are a reflection of the existing knowledge of the anatomy and physiology of the limbs.

The first prostheses, which today are valuable exhibits in various museums of the world, only hid anatomical defects, they were made of available, but not always light materials, and were most often wooden. Over time, the improvement of fastening and the addition of metal parts allowed not only to masking of defects but also to performing of the simplest movements, such as grabbing and lifting objects.

The First, and later the Second World War significantly accelerated the development of prosthetics. Progress is associated with two important points: the discovery of antibiotics and the improvement of the amputation technique. However, the history of prosthetics until the end of the 19th century. It is characterized by the efforts of individual doctors, technicians, inventors, and the disabled themselves to some extent to fill the function of the lost limb.

In medical science, every great discovery has the foundation of numerous attempts and acquired knowledge. In 2010, a multifaceted approach made it possible to create a new type of prosthetics – bionic. Bionic devices work through electrical impulses transmitted directly from the user's muscles, reproducing a wide variety of movements.

In connection with the war in Ukraine, the number of upper limb amputations has increased in recent years, which requires thorough knowledge of the anatomical and functional features of stumps of the upper limbs and improvement of the technological processes of manufacturing finger, forearm, and shoulder prostheses. The first bionic hand prosthesis was installed at the Nezlamni National Rehabilitation Center of the First Medical Association of Lviv. Thanks to special sensors, the bionic hand prosthesis can reproduce normal movements. Analyzing the history of the formation of upper limb prostheses, it is expected that the war in Ukraine will lead to the rapid development of prosthetics in the whole world.

**Key words:** medical discoveries, prosthetics, upper extremity, rehabilitation, man.

*Відомості про авторів:*

**Бірюк Ігор Григорович** – кандидат медичних наук, доцент, завідувач кафедри медицини катастроф та військової медицини закладу вищої освіти Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці;

**Хмара Тетяна Володимирівна** – доктор медичних наук, професор, професор кафедри анатомії людини ім. М. Г. Туркевича закладу вищої освіти Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці;

**Ковальчук Петро Євгенович** – кандидат медичних наук, доцент, завідувач кафедри травматології та ортопедії закладу вищої освіти Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці;

**Комар Тетяна Василівна** – доктор філософії, асистент кафедри патологічної анатомії закладу вищої освіти Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці;

**Заморський Ігор Іванович** – доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри фармакології закладу вищої освіти Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці.

*Information about the authors:*

**Biriuk Igor G.** – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Chief of the Department of Disaster Medicine and Military Medicine of the Bukovinian State Medical University, Chernivtsi;

**Khmara Tatiana V.** – Doctor of Medicine Sciences, Professor, Professor of the Department of Human Anatomy named after MG Turkevich of the Bukovinian State Medical University, Chernivtsi;

**Kovalchuk Petro Ye.** – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Traumatology and Orthopedics of the Bukovinian State Medical University, Chernivtsi;

**Komar Tetiana V.** – Doctor of Philosophy, Assistant of the Department of Pathological Anatomy of the Bukovinian State Medical University, Chernivtsi;

**Zamorskii Igor I.** – Doctor of Medicine Sciences, Professor, Chief of the Department of Pharmacology of the Bukovinian State Medical University, Chernivtsi.

Надійшла 27.08.2024 р.