

УДК 911:504.61

DOI <https://doi.org/10.32782/pub.health.2024.1.20>**Ткачук Тетяна Миколаївна,**

ерготерапевт

Академії рекреаційних технологій і права

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2779-334X>**Курасевич Іван Ігорович,**

викладач кафедри фізичної терапії

Академії рекреаційних технологій і права

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3415-1003>

## ВИКОРИСТАННЯ РОБОТОТЕХНІКИ У ФІЗИЧНІЙ РЕАБІЛІТАЦІЇ ВІЙСЬКОВИХ З АМПУТАЦІЯМИ

**Анотація. Актуальність.** За останні десятиліття військові конфлікти породили збільшення кількості військових з ампутаціями, що підкреслює важливість використання робототехніки в їхній фізичній реабілітації для покращення якості життя та соціальної інтеграції. Використання робототехніки у фізичній реабілітації військових з ампутаціями має велике значення у зв'язку зі зростанням кількості військових, які отримали ампутації внаслідок конфліктів та бойових дій. Ця тема актуальна, оскільки вона спрямована на поліпшення якості життя та повернення до нормального фізичного функціонування військовослужбовців, які отримали такі важкі травми.

**Мета роботи** полягає в дослідженні ефективності та переваг використання робототехніки в процесі фізичної реабілітації військових з ампутаціями, зокрема в оцінці впливу таких технологій на покращення мобільності, якості життя та соціальної адаптації пацієнтів.

**Матеріали та методи.** Здійснювався систематичний пошук наукових джерел, які містять аналіз і синтез теоретичних підходів до використання робототехніки у фізичній реабілітації військових з ампутаціями. Для цього були використані різноманітні наукові джерела, що дозволило узагальнити та оцінити сучасні методи та підходи у цій галузі, спрямовані на поліпшення якості реабілітації та соціальної адаптації військових з ампутаціями.

**Результати дослідження.** Стаття присвячена дослідженню використання робототехніки у фізичній реабілітації військових з ампутаціями. Зокрема, розглянуто актуальність цієї теми у зв'язку зі зростанням кількості військовослужбовців, які стають жертвами ампутації внаслідок збройних конфліктів та бойових дій. Проаналізовано переваги використання робототехніки у процесі реабілітації та її вплив на покращення мобільності, якості життя та соціальної інтеграції військових. Висвітлено інноваційні методи та програмне забезпечення, що сприяють оптимізації реабілітаційного процесу. Результати дослідження підкреслюють важливість використання робототехніки як ключового елемента у покращенні якості життя та соціальної адаптації військових з ампутаціями. Встановлено, що використання робототехніки у фізичній реабілітації військових з ампутаціями сприяє покращенню мобільності та функціональних можливостей пацієнтів. Зокрема, застосування робототехніки дозволяє збільшити ефективність терапевтичних процедур, зменшити тривалість реабілітаційного процесу та підвищити загальний рівень самостійності та якості життя військових з ампутаціями.

**Висновки.** Сьогодні використання робототехніки у фізичній реабілітації військових з ампутаціями має велике значення для покращення їхнього життя та соціальної інтеграції, а також є важливим напрямком досліджень і розвитку медичної науки.

**Ключові слова:** роботизована терапія, екзоскелет, протези, реабілітаційні підходи, фізична терапія, терапевтичні вправи.

### **Tkachuk T. M., Kurasevych I. I. Use of robotics in the physical rehabilitation of military amputees**

**Actuality.** In recent decades, military conflicts have spawned an increasing number of military amputees, highlighting the importance of using robotics in their physical rehabilitation to improve quality of life and social integration. The use of robotics in the physical rehabilitation of soldiers with amputations is of great importance in connection with the growing number of soldiers who received amputations as a result of conflicts and hostilities. This topic is relevant because it aims to improve the quality of life and return to the normal physical functioning of servicemen who have suffered such severe injuries.

**Aim.** This work presents a novel study on the effectiveness and advantages of using robotics in the physical rehabilitation of military amputees. The study aims to evaluate the impact of such technologies on improving the mobility, quality of life and social adaptation of patients, providing unique insights into this field.

**Materials and methods.** A systematic search of scientific sources was carried out, which included the analysis and synthesis of theoretical approaches to the use of robotics in the physical rehabilitation of military amputees. For this purpose, various scientific sources were used, making it possible to generalize and evaluate modern methods

and approaches in this area to improve the quality of rehabilitation and social adaptation of military personnel with amputations.

**Research results.** The article is devoted to studying the use of robotics in physically rehabilitating military personnel with amputations. In particular, the relevance of this topic is considered in connection with the increase in the number of military personnel who become victims of amputations as a result of armed conflicts and hostilities. The advantages of using robotics in the rehabilitation process and its impact on improving the mobility, quality of life, and social integration of military personnel are analyzed. Innovative methods and software that contribute to optimizing the rehabilitation process are highlighted. The study's results emphasize the importance of using robotics as a critical element in improving military amputees' quality of life and social adaptation. It has been established that using robotics in the physical rehabilitation of military amputees improves patients' mobility and functional capabilities. In particular, using robotics makes it possible to increase the effectiveness of therapeutic procedures, reduce the duration of the rehabilitation process, and increase the general level of independence and quality of life of military amputees.

**Conclusions.** The findings of this research underscore the practical implications of using robotics in the physical rehabilitation of military amputees. This technology not only improves their lives and social integration but also opens up new avenues for research and development in medical science.

**Key words:** robotic therapy, exoskeleton, prostheses, rehabilitation approaches, physical therapy, therapeutic exercises.

**Вступ.** Використання робототехніки у фізичній реабілітації військових з ампутаціями є надзвичайно актуальною проблемою, зокрема у зв'язку зі зростанням кількості військовослужбовців, які стають жертвами ампутацій унаслідок конфліктів та бойових дій, що точаться в Україні та світі. Використання робототехніки у фізичній реабілітації військових з ампутаціями є актуальною та важливою темою у світлі зростання кількості військових, що стають жертвами ампутацій через конфлікти та бойові дії. Це ставить перед суспільством і медичною спільнотою завдання забезпечення повноцінної реабілітації цієї категорії осіб. Дана проблема широко досліджується та обговорюється відомими вченими. Р. Андерсен, С. Девіс та К. Сковілл досліджували процес реабілітації військових з ампутуваними кінцівками, наголошуючи на шляху від поранення до незалежності [1]. Г. де Каббер і Ф. Шнайдер обговорили військову робототехніку, запропонували розуміння цієї галузі, що розвивається [2]. У розділі, написаному Р. Фукуї та В. Лавгріном у книзі «Робототехніка у фізичній медицині та реабілітації», ідеться про роль робототехніки в реабілітаційній медицині. Зокрема, автори охоплюють протезування, екзоскелети та інші аспекти [3]. Дж. Джеймс представив дослідження щодо оцінки крутного моменту щиколотки для роботизованої реабілітації нижніх кінцівок, надаючи цінну інформацію про технічні аспекти цієї галузі [4]. А.М. Каллегаро та ін. досліджували роботизовані системи для відновлення ходи, проливаючи світло на досягнення в цій галузі [5]. П.В. Сноу та ін. представили роботизовану терапію фантомного болю в кінцівках з ампутацією, запропонували потенційні рішення для такої складної проблеми [6]. Л.А. Телбот, Е. Бред та Е.Дж. Меттер опублікували дослідження у "Military

Medicine" щодо психологічного та фізичного здоров'я військових з ампутуваними кінцівками під час реабілітації [7]. М.Х. Перес-Бахена та ін. (2023) дослідили тенденції роботизованих систем для реабілітації нижніх кінцівок, висвітливши останні досягнення в цій галузі [8]. Дж.Й. Мін та ін. представили огляд тенденцій розвитку роботизованих систем для реабілітації рук, пропонуючи інноваційні рішення у цій галузі. П. Вуд, К. Смолл та П. Махоні дослідили періопераційні та ранні результати реабілітації після остеointegraції британських військових з ампутаціями, надаючи цінні дані про цей інноваційний хірургічний підхід.

Використання робототехніки може допомогти ветеранам з ампутаціями швидше й ефективніше повернутися до повсякденного життя та соціальної активності, а швидкий розвиток технологій у цій галузі сприяє створенню нових інноваційних методів реабілітації. Розробка нових пристроїв та програмного забезпечення дозволяє створювати інноваційні методи реабілітації, які можуть значно полегшити життя військових з ампутаціями. Ефективна реабілітація військових з ампутаціями є ключовим фактором у їхній соціальній інтеграції та успішному поверненні до цивільного життя. Використання робототехніки може допомогти військовим з ампутаціями знайти нові можливості та досягти вищого рівня самостійності та незалежності.

**Мета** роботи полягає у дослідженні ефективності та переваг використання робототехніки в процесі фізичної реабілітації військових з ампутаціями, зокрема в оцінці впливу таких технологій на покращення мобільності, якості життя та соціальної адаптації пацієнтів.

**Матеріали та методи.** Для дослідження стану проблеми поточного стану реабілітаційної допо-

моги військовослужбовцям із втратою кінцівок було проведено огляд літературних джерел щодо останніх досягнень у галузі застосувань робототехніки для реабілітації військовослужбовців з ампутаціями. Методика дослідження включала такі етапи:

1) формулювання проблеми щодо використання робототехніки, що впливає на фізичну реабілітацію військових з ампутаціями;

2) огляд літератури, що стосується використання робототехніки у реабілітації військових з ампутаціями;

3) проведення лінгвосемантичного аналізу текстів для ідентифікації ключових термінів, понять, зв'язків та тематичних галузей, пов'язаних з використанням робототехніки в реабілітації;

4) визначення тематичних кластерів, тобто групування виявлених термінів та понять у відповідні тематичні кластери, які відображають ключові аспекти використання робототехніки у фізичній реабілітації військових з ампутаціями;

5) встановлення взаємозв'язків та тематичних тенденцій між тематичними кластерами та окреслення досліджуваної проблеми;

6) формулювання рекомендацій щодо подальших напрямків дослідження або використання робототехніки у фізичній реабілітації військових з ампутаціями.

Ця методика дозволила систематизувати та проаналізувати інформацію за допомогою лінгвосемантичного підходу та отримати інсайти щодо використання робототехніки у фізичній реабілітації військових з ампутаціями.

**Результати дослідження.** Під час збройних конфліктів зросла кількість військових із втратою кінцівок, що призвело до активного розвитку нових протезів та наукових досліджень у цій галузі [1; 2]. За підтримки та фінансування військових відділень вдалося значно продовжити дослідження та розробку нових технологій протезування. Прогрес також спостерігався в реабілітаційній терапії для пацієнтів з ампутуваними кінцівками, що було задокументовано у віддалених публікаціях, включаючи протоколи лікування, що описують процес реабілітації для цієї категорії населення. Зараз спостерігається зростання кількості ветеранів, які потребують протезування. Однак існують проблеми з несумісністю дизайну та підгонки протезів для цієї групи ветеранів [3]. Удосконалення дизайну протезної стопи може значно підвищити їхню соціальну участь та спростити досягнення інших важливих цілей. Міністерство оборони та передові реабілітаційні

центри активно працюють над забезпеченням додаткових послуг реабілітації для військовослужбовців та ветеранів з втратою кінцівок [4]. Також ведуться дослідження для вдосконалення хірургічних методів ампутації та покращення якості та зручності використання протезів з метою покращення якості життя ветеранів шляхом забезпечення їхньої більшої мобільності та впевненості в собі. З часом пацієнти розвивають вміння аналізувати завдання та виявляти перешкоди для їх виконання, що допомагає їм самостійно визначити найбільш корисний протез та термінальний пристрій для конкретної діяльності. Це стає важливою терапевтичною метою. На цьому етапі пацієнти ознайомлюються з передовими термінальними пристроями, які мають складну конструкцію та контроль. Підвищення кваліфікації у протезуванні часто включає міоелектричні тренування з новими мультиартикуляційними протезами. Особливо активно впроваджуються міоелектричні кінцеві пристрої, які є лідерами у цій галузі [5]. Популярними новинками на ринку є такі пристрої, як iLimb і Vebionic, які відкривають нові можливості для користувачів. Традиційні міоелектричні пристрої, які пропонують лише можливість відкрити або закрити долоню, поступаються місцем новим, більш функціональним моделям. Нові пристрої, такі як iLimb і Vebionic, надають широкий вибір захоплення і позицій рук, що значно полегшує повсякденні справи [6; 7]. Однак разом з передовими технологіями зменшується тривалість служби пристроїв. Ветерани, які мають ампутації, виявляють інтерес до різноманітних опцій контролю та естетичних властивостей пристроїв і надають перевагу тим пристроям, які найкраще відповідають їхнім потребам та стилю життя. Протезист, терапевт і пацієнт повинні спільно обговорити цілі та рекомендації щодо використання вдосконалених термінальних пристроїв. Пацієнти беруть активну участь у цьому процесі, щоб визначити свої потреби та вподобання через випробування, придбання та навчання передових термінальних пристроїв. Після випробування декількох варіантів протезування вибір пристрою для конкретної діяльності стає для пацієнта рутинним [3]. На цьому етапі пацієнт визначає, які термінальні пристрої та протезні системи необхідні для повсякденного життя та для конкретних дій. Зокрема, вони вибирають термінальні пристрої для конкретної діяльності на основі своїх потреб і інтересів, пов'язаних зі спортом, хобі тощо. Співпраця з рекреаційними терапевтами важлива для успішного використання та навчання цих пристроїв, адаптивних видів спорту



та реінтеграції у повсякденне життя. Існує низка різних міоелектричних пристроїв для розширення кінцівок, таких як цифри iLimб, які використовують шарнірні пальці з окремим живленням. Підгонка цих пристроїв вкрай індивідуальна і залежить від унікальних особливостей анатомії кожного пацієнта [7; 8]. Попри їхню функціональність, пристрої можуть бути великими та громіздкими через необхідність розміщення обладнання та акумуляторів у спеціальних гніздах. Можна відзначити такий пристрій, як пальці Вінсента. Існують також варіанти з живленням від тіла, наприклад, продукти типу М-пальці, але вони можуть мати обмежену довговічність та впливати на відчуття та використання залишкової кінцівки. Багато пацієнтів з частковими ампутаціями руки виявили низьку прихильність до використання протезів через різноманітні труднощі, включаючи проблеми з довговічністю та зручністю використання [9]. Однак успішність у використанні пальцевих протезів виявилася вищою у пацієнтів, які втратили всі п'ять пальців, зберігши анатомічну структуру п'ястка та долоні. Важливо провести подальші дослідження для з'ясування факторів,

що впливають на використання часткових ручних систем у повсякденному житті.

**Висновки.** У статті проаналізовано переваги використання робототехніки у процесі реабілітації та її вплив на покращення мобільності, якості життя та соціальної інтеграції військових. Висвітлюються інноваційні методи та програмне забезпечення, що сприяють оптимізації реабілітаційного процесу. Результати дослідження підкреслюють важливість використання робототехніки як ключового елементу у покращенні якості життя та соціальної адаптації військових з ампутаціями. Використання робототехніки може сприяти швидшому й ефективнішому відновленню функцій опорно-рухової системи та самостійності в щоденних справах. Завдяки швидкому розвитку технологій робототехніка стає все більш доступною та ефективною. Ефективна реабілітація військових з ампутаціями є ключовим фактором у їхній соціальній інтеграції та успішному поверненні до цивільного життя, тому використання робототехніки має велике значення для покращення їхнього життя та соціальної інтеграції.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Andersen R., Davis S., Scoville C. Rehabilitation of Military Amputees: From Injury to Independence. *Orthopedics*. 2008. Volume 31, Issue 10. P. 1000–1002. <https://doi.org/10.3928/01477447-20110525-05>.
2. De Cubber G., Schneider F. E. Military Robotics. *Encyclopedia of Robotics*. Berlin, Heidelberg, 2023. P. 1–16. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-41610-1\\_219-2](https://doi.org/10.1007/978-3-642-41610-1_219-2).
3. Fukui R., Lovegreen W. Robotics in Rehabilitation Medicine: Prosthetics, Exoskeletons, All Else in Rehabilitation Medicine. *Robotics in Physical Medicine and Rehabilitation*. 2025. P. 65–91. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-87865-4.00006-6>.
4. Jaimes J. C. Ankle torque estimation for lower-limb robotic rehabilitation. Dissertation of master. Cao Carlos, 2018. 61 p. URL: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18149/tde-08102018-164536/>.
5. Robotic Systems for Gait Rehabilitation / A. M. Callegaro et al. *Trends in Augmentation of Human Performance*. Dordrecht, 2014. P. 265–283. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-8932-5\\_10](https://doi.org/10.1007/978-94-017-8932-5_10).
6. Robotic therapy for phantom limb pain in upper limb amputees / P. W. Snow et al. *2017 International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR)*, London, 17–20 July 2017. 2017. URL: <https://doi.org/10.1109/icorr.2017.8009383>.
7. Talbot L. A., Brede E., Metter E. J. Psychological and Physical Health in Military Amputees During Rehabilitation: Secondary Analysis of a Randomized Controlled Trial. *Military Medicine*. 2017. Volume 182, Issue 5. P. e1619-e1624. <https://doi.org/10.7205/milmed-d-16-00328>.
8. Trends in Robotic Systems for Lower Limb Rehabilitation / M. H. Pérez-Bahena et al. *IETE Technical Review*. 2023. P. 1–12. <https://doi.org/10.1080/02564602.2023.2185691> (date of access: 21.04.2024).
9. Trends of Robotic Systems for Hand Rehabilitation / J. Y. Min et al. *Journal of Rehabilitation Welfare Engineering & Assistive Technology*. 2023. Volume 17, Issue 4. P. 321–330. <https://doi.org/10.21288/resko.2023.17.4.321>.
10. Wood P., Small C., Mahoney P. Perioperative and early rehabilitation outcomes following osseointegration in UK military amputees. *BMJ Military Health*. 2019. Volume 166, Issue 5. P. 294–301. <https://doi.org/10.1136/jramc-2019-001185>.

#### REFERENCES:

1. Andersen, R., Davis, S., & Scoville, C. (2008). Rehabilitation of Military Amputees: From Injury to Independence. *Orthopedics*, 31(10), 1000–1002. <https://doi.org/10.3928/01477447-20110525-05>
2. De Cubber, G., & Schneider, F.E. (2023). Military Robotics. *Encyclopedia of Robotics* (P. 1–16). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-41610-1\\_219-2](https://doi.org/10.1007/978-3-642-41610-1_219-2)
3. Fukui, R., & Lovegreen, W. (2025). Robotics in Rehabilitation Medicine: Prosthetics, Exoskeletons, All Else in Rehabilitation Medicine. *Robotics in Physical Medicine and Rehabilitation*. (P. 65–91). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-87865-4.00006-6>
4. Jaimes, J.C. (2018). *Ankle torque estimation for lower-limb robotic rehabilitation*. Dissertation of master. [Universidade de São Paulo]. Retrieved from: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18149/tde-08102018-164536/>

5. Callegaro, A. M., Unluhisarcikli, O., Pietrusinski, M., & Mavroidis, C. (2014). Robotic Systems for Gait Rehabilitation. *Trends in Augmentation of Human Performance* (P. 265–283). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-8932-5\\_10](https://doi.org/10.1007/978-94-017-8932-5_10)
6. Snow, P. W., Sedki, I., Sinisi, M., Comley, R., & Loureiro, R. C. V. (2017). Robotic therapy for phantom limb pain in upper limb amputees. *2017 International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR)*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/icorr.2017.8009383>
7. Talbot, L.A., Brede, E., & Metter, E.J. (2017). Psychological and Physical Health in Military Amputees During Rehabilitation: Secondary Analysis of a Randomized Controlled Trial. *Military Medicine*, *182*(5), e1619-e1624. <https://doi.org/10.7205/milmed-d-16-00328>
8. Pérez-Bahena, M. H., Niño-Suarez, P. A., Avilés Sánchez, O. F., Beleño, R. H., Caldas, O. I., & Pellico-Sánchez, O. I. (2023). Trends in Robotic Systems for Lower Limb Rehabilitation. *IETE Technical Review*, 1–12. <https://doi.org/10.1080/02564602.2023.2185691>
9. Min, J.Y., Moon, H.J., Shin, H.H., & Lee, Y.C. (2023). Trends of Robotic Systems for Hand Rehabilitation. *Journal of Rehabilitation Welfare Engineering & Assistive Technology*, *17*(4), 321–330. <https://doi.org/10.21288/resko.2023.17.4.321>
10. Wood, P., Small, C., & Mahoney, P. (2019). Perioperative and early rehabilitation outcomes following osseointegration in UK military amputees. *BMJ Military Health*, *166*(5), 294–301. <https://doi.org/10.1136/jramc-2019-001185>