

**Особливості роботизованого реабілітаційного комплексу Amadeo
для розвитку дрібної моторики**

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (м. Київ);
Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки (м. Луцьк)*

Постановка наукової проблеми та її значення. Проблема відновлення рухової активності гостро стоїть перед фахівцями, які працюють із пацієнтами, котрі перенесли інсульт, черепно-мозкову травму (ЧМТ), інші захворювання, що спричиняють нервово-м'язову дисфункцію. Існують різноманітні методики з відновлення рухової активності людини, проте проблема аналізу динаміки розвитку та відновлення дрібної моторики актуальна й сьогодні. Адаптивні технології сьогодні відстають від загальних технологій, накладаючи певні обмеження на використання необхідних ресурсів людям з обмеженими можливостями.

Реабілітація пацієнтів після інсультів і травм являє собою багатоетапний процес, який відбувається тривалий час та містить у собі безліч складників (ерготерапія, кінезотерапія, курси масажу, ЛФК, заняття з психологом, логопедом, лікування в невропатолога). У сучасній реабілітації з'являються новітні методи та засоби, які підвищують ефективність відновлення функціонування головного мозку й швидкого повернення пацієнта до нормального життя. До таких новітніх методів і засобів потрібно віднести роботизовану механотерапію, суть якої – використання спеціальних роботизованих конструкцій із наявністю біологічного зворотного зв'язку (БЗЗ) у відновленні функцій руки, особливо її кисті [1, 1589].

У нейрореабілітації та травматології верхніх кінцівок використовують різні фізичні вправи, ЛФК, реабілітаційні СРМ-тренажери пасивної розробки кінцівки [2, 166; 3, 53; 4, 64], нові зразки тренажерів для відновлення м'язової моторики руки [10] тощо. Проте ще мало задіяні роботизовані засоби із застосуванням БЗЗ у нейрореабілітації та травматології для відновлення дрібної моторики руки.

Розв'язуємо проблему щодо аналізу функціональних і конструктивних можливості новітнього роботизованого комплексу Amadeo з БЗЗ [5–9] для підвищення ефективності заходів із нейрореабілітації й травматології у відновленні м'язової моторики руки людини. Роботу виконано відповідно до плану НДР «Розробка технологій забезпечення психолого-фізичної реабілітації і оздоровлення людини (№ держ. реєстрації – 0111U003539) кафедри біобезпеки і здоров'я людини НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського».

Аналіз досліджень цієї проблеми. Відновлення функцій ураженої верхньої кінцівки людини (особливо після інсульту) є актуальною та важливою проблемою. Основними засобами для відновлення м'язової моторики руки в нейрореабілітації та травматології є такі [1, 1589; 3, 51; 4, 64]: фізичні вправи лікувальної гімнастики, ерготерапія, фізіотерапія, масаж, кінезотерапія, механотерапія на базі мікропроцесорних СРМ-тренажерів: OptiFlex, Fisiotek, Artromot, Kinetec.

Мета дослідження – аналіз функціональних і конструктивних особливостей роботизованого комплексу Amadeo з БЗЗ для відновлення м'язової моторики руки людини в технологіях нейрореабілітації та травматології.

Завдання дослідження – розглянути функціональні й конструктивні особливості новітнього роботизованого комплексу Amadeo з БЗЗ, що забезпечує підвищення ефективності в заходах нейрореабілітації та травматології під час відновлення м'язової моторики руки людини.

Виклад основного матеріалу та обґрунтування отриманих результатів дослідження. Одним із новітніх напрямів відновлення рухових функцій кінцівок є роботизована механотерапія [1, 1589], перевага якої – досягнення високої якості тренувань через збільшення їх тривалості, точності циклічних повторюваних рухів, механізмів оцінки ефективності фізичних вправ, можливості їх показу людині.

Комплекс (система) для нейрореабілітації верхніх кінцівок призначений для відновлення функцій кистей і пальців рук в основному при інсультах та ЧМТ, при посттравматичних і післяопераційних патологіях суглобів кистей рук, хронічних дегенеративних та запальних захворюваннях суглобів кистей рук. Суть його функціонування полягає в техніці зворотного навчання рухів верхніх кінцівок. При травмі або інсульті в ділянці поразки мозкової тканини клітини відмирають і в цій ділянці мозку

припиняється передача імпульсів, але, завдяки механізму *нейропластичності* [1], мозок може адаптуватися до багатьох патологічних ситуацій.

Верхня кінцівка – найбільш розвинений та ефективний інструмент-орган людини, складний кінематичний ланцюг, що повинен складатись із суглобів плечового пояса, ліктьового й променево-зап'ястного суглобів, суглобів кисті. Наймобільнішим суглобом тіла людини є плечовий суглоб (ПС), котрий володіє 3-ма ступенями свободи, дозволяючи йому здійснювати рухи в 3-х площинах і відносно 3-х основних осей. Його мобільність забезпечує функцію захвату, досягнення віддалених предметів та забезпечення зручного положення кисті для захвату предмета.

Ліктьовий суглоб забезпечує згинання/розгинання й пронацію/супінацію, механічний зв'язок між плечем і передпліччям. Для відновлення функції руки застосовують фізичні вправи спрямовані на посилення м'язової сили й збільшення обсягу рухів у суглобах, нормалізацію підвищеного м'язового тону, поліпшення координаційних можливостей, зменшення розладів чутливості.

Особливу складність під час нейрореабілітації руки викликає відновлення дрібної моторики кисті, яка виконує статичну, динамічну й сенсорну функції. Деякі із наявних роботизованих і механотерапевтичних засобів дають змогу тренувати циліндричний захват кисті за допомогою датчиків, що розміщені в рукоятці пристрою, та системи БЗЗ. Відомі роботизовані засоби дають змогу проводити ефективну кінезотерапію практично всіх ізольованих і комплексних рухів руки, у тому числі цілеспрямованих.

Одним з ефективних сучасних засобів є роботизований реабілітаційний комплекс Amadeo з новим модулем електроміограми (ЕМГ) фірми «Tugomotion» (Голландія), що використовується в нейрореабілітації та травматології для розвитку дрібної моторики (рис. 1).



Рис. 1. Загальний вигляд роботизованого комплексу Amadeo

Комплекс Amadeo для діагностики та лікування порушень дрібної моторики кисті з розширеним БЗЗ створено за принципом екзоскелета, однією з його особливостей є розвантаження ваги руки за допомогою пружинних тяг (рис. 1, 2, 3), що дає змогу тренуватися навіть пацієнтам із мінімальним обсягом активних рухів. Усе тренування проводиться у віртуальному середовищі під контролем розширеного БЗЗ. У комплексі тренувальних завдань – програми, що імітують повсякденну побутову активність, тому сама концепція комплексу відповідає сучасним теоріям рухового навчання (рис. 1–1, 4).

Унікальними особливостями комплексу є індивідуальна настройка під пацієнта й простота використання, убудований БЗЗ і можливість вимірювання ізометричної сили й обсягу рухів. Комплекс

ідеальний для реабілітації дорослих та дітей при відновленні здоров'я й працездатності, має мультифункціональні можливості для вимірювання сили та діапазону рухів у дистальних відділах руки та подальшого відновлення функції в кисті з високою універсальністю, гнучкістю та простим застосуванням.

Комплекс дає змогу оцінити силу згинання та обсяг руху в кожному пальці кисті. Вимірювання сили проводиться в ізометричному режимі, при розгинанні та згинанні, й активної області руху пальців. Залежно від обмеження функцій і дії пальців обирають оптимальну для конкретного випадку програму з численних пропозицій із лікування.

Ділянка руху встановлюється для кожного пальця окремо, а його рух програмується залежно від завдань тренінгу. Завжди точно надається підтримка інтенсивності, яка для пацієнта означає тренування на межі індивідуальної витривалості. Залежно від його можливостей і показань, застосовують активний і пасивний режими роботи комплексу.

Роботизований комплекс Amadeo з новим модулем ЕМГ показаний для пацієнтів із порушеннями дрібної моторики дистальних відділів верхніх кінцівок і дає змогу оцінювати прогрес проведеної нейрореабілітації.

Перевагами комплексу Amadeo є відновлення активних рухів у пальцях, уключаючи великий, можливість працювати одночасно всіма пальцями, послідовно чи окремо кожним пальцем; проводити об'єктивну оцінку ізометричної сили, обсягу рухів, наявності спазмів, налаштування з урахуванням індивідуальних особливостей людини, оцінює прогрес проведеної нейрореабілітації.

Уся отримана інформація, що збережена в його базі даних, дає змогу створити повну документацію, графічний аналіз, що комплексно відображає лікувальний (реабілітаційний) процес. Комплекс Amadeo, що має програмне забезпечення (ПЗ), уміщує ігрові завдання, спрямовані на досягнення мети, дає змогу довше утримувати увагу й підвищувати мотивацію пацієнта.

Новий модуль ЕМГ комплексу Amadeo відкриває новітні можливості в нейрореабілітації. Поверхнева ЕМГ – це техніка неінвазивного запису та вимірювання сигналу для визначення електричного потенціалу, що генерується клітинами м'язової тканини в моменти їх електричної або неврологічної активності.

Роботизована терапія з ЕМГ дає змогу проводити ранню активну нейрореабілітацію на етапі між пасивною й активною терапією. Поверхнева ЕМГ може реєструвати навіть найменшу власну активність м'язів у пацієнтів із важкими порушеннями, пальці та кисть яких не функціонують. Допомога роботизованого комплексу, що заснована на даних ЕМГ, збільшує власну активність і мотивацію пацієнтів, які не здатні самостійно здійснювати рухи.

Використовуються три види тренувань із контролем ЕМГ: Amadeo надає різні терапевтичні модулі (Trigger & Go, Trigger & Maintain, Trigger & Coordinate); Trigger & Go – контролює досягнення заданого порога ЕМГ, є пусковим механізмом для початку руху до кінцевої заданої позиції; Trigger & Maintain забезпечує постійний контроль сили тиску на рівні, вищий за порогове значення для руху до кінцевої заданої позиції; Trigger & Coordinate забезпечує контроль за постійним переважанням сили дії агоніста над антагоністом, для руху до кінцевої заданої позиції.

Переваги використання ЕМГ у роботизованій терапії дає змогу раніше починати реабілітацію, особливо у хворих із важкими патологіями; БЗЗ замкнутого контуру означає, що пацієнт бачить, які м'язи активні в цей момент, незважаючи на те, що немає видимих рухів; відображення спроб активності пацієнта – чим раніше розпочинається активна нейрореабілітація, тим швидше відбувається в людини відновлення втрачених функцій; удосконалення координації м'язів-антагоністів, яка часто порушена в пацієнтів, які перенесли інсульт.

Особливості функціонування. Комплекс Amadeo повністю імітує всі рефлекторні рухи рук і кистей за допомогою спеціалізованого й запатентованого механізму. До здійснення самої процедури проводиться електронейроміограма дефектної та перехлестної кінцівки, а також списуються всі дані зі здорової кінцівки на магнітограф, для отримання єдиного природного результату. Під час процедури пацієнт перебуває в комфортній для нього обстановці й положенні перед комплексом. Руки людини закріплені таким чином, щоб пальці містилися на самому пристрої.

Підсумковий результат залежить від необхідної сили моторики, яка властива пацієнтові. Під час занять виробляються активні й пасивні дії, виконуються завдання в ігровій формі, підвищуючи вмотивованість пацієнта до одужання. Комплекс відновлює увагу та допомагає переступити психологічний і фізичний бар'єри, зміцнити боротьбу за повернення функцій тонкої моторики.

На сьогодні тільки цей комплекс здатний повернути працездатність пальцям, уключаючи великий, максимально наблизити моторику до повнофункціональної й природної. Комплекс створено для людей, які перенесли найгостріший збій кровообігу в мозок; ЧМТ; травми кистей рук та шийного відділу хребта; нейрохірургічні операції.

Застосування комплексу Amadeo сприяє швидкому відновленню функцій кисті й пальців через неврологічні захворювання (інсульт, розсіяний склероз, геміплегія, ДЦП), при ушкодженнях периферичних нервів, після ЧМТ, нейрохірургічних операцій, реконструктивних операцій на кисті, реплантації кисті, пальців і транспозиції пальців; сприяє поліпшенню координації рухів в осіб похилого віку; розвитку дрібної моторики в дітей і підлітків.

Протипоказаннями є невідновлені кістки руки після перелому, важкий стан пацієнта, явний остеопороз, запалення суглобів рук, пошкодження шкіри, наявність кардіостимулятора, явна свастика м'язів й обмеженість рухливості суглобів рук, когнітивні дисфункції, апраксія та сенсорна афазія.

Висновки й перспективи подальших досліджень. Важливою проблемою в нейрореабілітації та травматології є застосування новітнього роботизованого реабілітаційного комплексу Amadeo для розвитку дрібної моторики.

Наведений аналіз особливостей функціонування та характеристик роботизованого реабілітаційного комплексу Amadeo з БЗЗ дає змогу зробити висновок про те, що його використання підвищить ефективність розвитку дрібної моторики в нейрореабілітації й травматології.

Перспективи подальших досліджень – проведення реабілітаційних заходів із використанням роботизованого реабілітаційного комплексу Amadeo з БЗЗ для підвищення ефективності розвитку дрібної моторики верхніх кінцівок людини у сфері нейрореабілітації та травматології.

Джерела та література

1. Ключков А. С. Роботизированные и механотерапевтические устройства для восстановления функции руки после инсульта / А. С. Ключков, Л. А. Черникова // РМЖ. – 2014. – № 22. – С. 1589.
2. Попадюха Ю. А. Технічні засоби для відновлення рухових функцій верхніх кінцівок людини / Ю. А. Попадюха, Н. І. Пеценко // Науковий часопис НПУ ім. М. П. Драгоманова. – Серія 5 : Педагогічні науки: реалії та перспективи. – Вип. 14. – 2009. – С. 165–168.
3. Попадюха Ю. А. Методы и средства физической реабилитации при распространенных повреждениях плеча / Ю. А. Попадюха, Адель М. А. Марайта, Н. П. Литовченко // Науковий часопис НПУ ім. М. П. Драгоманова. – Серія 15 : Науково-педагогічні проблеми фізичної культури (фізична культура і спорт) : зб. наук. праць. – Київ : Вид-во НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2012. – Вип. 22. – С. 48–60.
4. Попадюха Ю. А. Реабилитационные тренажеры в физической реабилитации после артроскопической реконструкции ротаторной манжеты плеча спортсменов / Ю. А. Попадюха, Адель М. А. Марайта // Состояние и перспективы технического обеспечения спортивной деятельности : сб. материалов III Междунар. науч.-техн. конф. Минск, 13–14 февраля 2014. – С. 62–66.
5. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.beka.ru/ru/katalog/vosstanovlenie-funktsiy-verkhnikh-konechnostey/amadeo/> – Роботизований тренажер Amadeo.
6. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.aksakovschina.by/index.php/amadeo.html> – Тренажер Amadeo.
7. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://tyromotion.ru/amadeo/> – Роботизований комплекс Amadeo.
8. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://rosopeka.ru/good21188.html> – Сучасний комплекс Amadeo.
9. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://neuro.by/podrazdeleniya/fizioterapevticheskoe-otdelenie.html> – Сучасний роботизований реабілітаційний комплекс Amadeo.
10. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://inno.gov.spb.ru/news24/postid/own_news/1590 – Тренажер Rehabot для восстановления мелкой моторики рук человека после перенесения тяжелых заболеваний.

Анотація

У статті розглянуто особливості застосування роботизованого реабілітаційного комплексу Amadeo в нейрореабілітації та травматології для розвитку дрібної моторики. **Мета роботи** – аналіз функціональних і конструктивних особливостей роботизованого реабілітаційного комплексу Amadeo для розвитку дрібної моторики в нейрореабілітації та травматології.

Ключові слова: нейрореабілітація, верхні кінцівки, дрібна моторика, технічний комплекс, біологічний зворотний зв'язок.

Юрий Попадюха, Алла Алёшина, Антон Алёшин. Особенности роботизированного реабилитационного комплекса Amadeo для развития мелкой моторики. В статье рассмотрены особенности применения роботизированного реабилитационного комплекса Amadeo в нейрореабилитации и травматологии для развития мелкой моторики. **Цель работы** – анализ функциональных и конструктивных особенностей роботизированного реабилитационного комплекса Amadeo для развития мелкой моторики в нейрореабилитации и травматологии.

Ключевые слова: нейрореабилитация, верхние конечности, мелкая моторика, технический комплекс, биологическая обратная связь.

Yuriy Popadiukha, Alla Aleshina, Anton Aleshin. Peculiarities of Amadeo Robotic Rehabilitation Complex for Development of Fine Motor Skills. In the article it is examined the peculiarities of application of robotic rehabilitation complex Amadeo in neurorehabilitation and traumatic surgery for development of fine motor skills. **Objective of the work** – analysis of functional and structural peculiarities of Amadeo robotic rehabilitation complex for development of fine motor skills in neurorehabilitation and traumatology.

Key words: neurorehabilitation, upper limbs, fine motor skills, technical complex, biofeedback.