

Особливості тренажерів серії RT із функціональною електростимуляцією для реабілітації нижніх і верхніх кінцівок

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (м. Київ)

Постановка наукової проблеми та її значення. Незважаючи на використання у фізичній реабілітації (ФР) при травмах і хворобах нижніх та верхніх кінцівок технічних засобів, новітніх роботизованих комплексів і систем із біологічним зворотним зв'язком (БЗЗ), для підвищення її ефективності після пошкоджень та захворювань нижніх і верхніх кінцівок людини є актуальною науковою та медико-соціальною проблемою.

У фізичній реабілітації після травм і захворювань нижніх та верхніх кінцівок використовують, окрім фізичних вправ [1, с. 507], різних типів комп'ютеризовані системи [2], роботизовані комплекси, системи й засоби [2, 3] реабілітаційні СРМ-тренажери [4, с. 204; 5, с. 272; 6, с. 166; 7, с. 64; 8, с. 65; 9, с. 50; 10, с. 294 та ін. Незважаючи на існування програм ФР із відновлення верхніх кінцівок після пошкоджень [5, с. 273; 6, с. 166; 7, с. 63; 8, с. 66; 9, с. 51; 10, с. 295; та нижніх кінцівок [1, 3; 4, с. 203], ще мало задіяні новітні тренажери, що можуть використовуватися для нижніх і верхніх кінцівок із використанням функціональної електростимуляції (ФЕС) м'язів.

Відтак нам потрібно проаналізувати функціональні та конструктивні можливості новітнього комплексу тренажерів серії RT із ФЕС м'язів нижніх і верхніх кінцівок [11–16] для підвищення ефективності ФР травмованих (хворих) нижніх і верхніх кінцівок людини. Роботу виконано відповідно до плану НДР «Розробка технологій фізичної терапії та засобів їх здійснення» (№ державної реєстрації 0117U002933) кафедри біобезпеки і здоров'я людини НГУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського».

Аналіз досліджень із цієї проблеми. Відновлення функцій пошкоджених (хворих) нижніх і верхніх кінцівок людини є актуальною та важливою проблемою. Основними засобами ФР нині є такі [1, с. 508; 4, с. 204]: лікувальна гімнастика, масаж, фізіотерапія, механотерапія на базі мікропроцесорних СРМ-тренажерів різних типів: OptiFlex, Fisiotek, Artromot, Kinetec [7, с. 63; 8, с. 65; 10, с. 294], комп'ютеризовані та роботизовані комплекси, системи й засоби [2, 3].

Мета дослідження – аналіз особливостей функціональних і конструктивних характеристик новітнього комплексу тренажерів серії RT із ФЕС м'язів нижніх та верхніх кінцівок для потреб фізичної реабілітації.

Завдання дослідження – розглянути функціональні й конструктивні особливості новітнього комплексу тренажерів серії RT із ФЕС м'язів нижніх і верхніх кінцівок для потреб фізичної реабілітації.

Виклад основного матеріалу та обґрунтування отриманих результатів дослідження. У житті суспільства прогресують різноманітні основні захворювання нижніх і верхніх кінцівок та хвороби, що призводять до порушень рухових функцій кінцівок (наприклад інсульт) і, як наслідок, – до втрати працездатності, значно зріс ризик побутового й спортивного травматизму. Під час проведення інтенсивних професійних дій, навчально-тренувальних занять і змагань нижні та верхні кінцівки спортсменів (робітників) переносять велике статодинамічне навантаження. Одним із новітніх напрямів відновлення рухових функцій кінцівок є комп'ютеризована [2] та роботизована механотерапія [3], суть якої полягає у використанні спеціальних конструкцій і функцій тренажерів із застосуванням ФЕС для тренування м'язів верхніх і нижніх кінцівок.

Сучасна теорія рухового навчання побудована на системній моделі рухового контролю, у зв'язку з якою розроблено нові підходи в кінетотерапії [3], зокрема це теорія цілеспрямованого рухового навчання (task-oriented approach). Цей метод, на відміну від традиційних підходів, спрямованих на відновлення окремих рухів і функцій, орієнтований на тренування та виконання певного рухового завдання.

Однією з методик, покликаних інтенсифікувати рухове навчання, є метод примусового (форсованого) тренування (constraint induced therapy), який полягає в тому, що здорову руку пацієнта фіксують, виключаючи можливість користуватися нею під час щоденної діяльності, змушуючи людину активніше користуватись ураженою рукою. Ефективність цієї методики не викликає сумнівів, проте її застосування можливе лише в пацієнтів із легким і помірними парезами. Проблема ФР пацієнтів із грубими руховими порушеннями дала поштовх для створення роботизованих і механотерапевтичних засобів.

Для комплексної апаратної ФР нижніх та верхніх кінцівок застосовують широкий спектр роботизованих і механотерапевтичних засобів, що ділять на дві основні групи – *роботизовані й механотерапевтичні*. Роботизовані – це засоби, що забезпечені двигунами для виконання необхідного руху або допомоги, що мають антропоморфність (схожість із живим організмом, його частиною), а також інтерактивність – здатність змінювати стереотип своєї дії залежно від умов навколишнього

середовища, з урахуванням показників убудованих датчиків. Механотерапевтичні – це тренажери з двигунами для виконання запрограмованого руху, вони можуть мати датчики та зворотний зв'язок.

Ще одним прикладом еволюції реабілітаційних технологій є пристрої з інтегрованою ФЕС. Звичайну й ФЕС застосовують у відновному лікуванні давно, але в останні роки технологія дала змогу інтегрувати ФЕС у роботизовані та механотерапевтичні технології. Нині новітніми механотерапевтичними засобами з ФЕС для реабілітації нижніх і верхніх кінцівок є комплекс тренажерів серії RT компанії Arg&Leg (США).

Тренажер RT 200 з одночасною ФЕС нижніх і верхніх кінцівок (рис. 1.1) має сидіння з розворотом на 90° для зручної посадки пацієнта, дає змогу вибрати до 10 груп м'язів і скомбінувати їх залежно від рекомендацій та потреб пацієнта вагою до 227 кг. Він являє собою єдину систему, яка забезпечує одночасну ФЕС кінцівок. Цей тип терапії називається «гібридною» терапією. Основа ФЕС полягає в точній часовій відповідності програм штучного (електростимуляція) і природного (спроба довільного зусилля) збудження м'яза в рухових актах людини. Терапія ФЕС на тренажері RT200 має проводитися в зручному кріслі, безпеку пацієнта забезпечують фіксувальні ремені, ноги закріплені м'якими манжетами, а кисті рук – спеціальними захватами.



Рис. 1. Загальний вигляд тренажерів RT200 і RT300-SL

Показання до застосування тренажера – розслаблення м'язових спазмів, запобігання або вповільнення атрофії при адинамії, покращення місцевого кровообігу, збереження й збільшення рухливості суглобів.

Основні характеристики – діапазон швидкості – 20–80 об/хв (± 2 об/хв); крутний момент – 1–29 Нм, потужність двигуна – 0–150 Вт; підключення до електромережі – 230В, 5/60 Гц, вхідна потужність – 130 ВА, режим роботи – безперервне використання; зріст пацієнта – 132–198 см; вага тренажера – 116 кг.

Убудований стимулятор. Максимальна вихідна напруга такого стимулятора – 200 В; кількість каналів (максимальна) – 10; чисельність груп м'язів – до 10 груп одночасно; вибір із 10 в нижніх кінцівках, вибір із 18 у верхніх кінцівках, черевного преса й паравертебральної групи; токовий вихід на канал – 0–140 мА (± 2 мА), тип форми напруги – біполярний, взаємно збалансований; імпульсний період – 10–100 мс за замовчуванням – 30 мс, фаза шириною – 50–500 мкс.

Забезпечується віддалене підключення до бази даних: підключення до локальної мережі для точки доступу – роз'єм RJ45, доступ до Інтернету WiFi 802.11a / b / g; BlueTooth.

Тренажер RT300-SL (рис. 1.2) являє собою професійний тренажер-велоергометр із ФЕС для нижніх кінцівок інвалідів. Він простий у налаштуванні й зручний у застосуванні, має спеціальні кріплення інвалідних візків і регульовану за висотою платформу. Тренажер забезпечує поєднане тренування й розробку нижніх кінцівок із використанням ФЕС м'язів ніг.

Переваги тренажера – зниження наслідків дефіциту рухової активності (набряки, задерев'янілість суглобів, нееластичність рухів), активує м'язову систему за допомогою моторної функції й ФЕС, збільшує обсяг рухів, усуває спастичність, мінімізує атрофію м'язів, покращує циркуляцію крові; ефективний для реабілітації нижніх кінцівок інвалідів.

Тренажер має панель управління з кольоровим РК-дисплеєм (управління пальцями або стилусом), бездротовий Internet для роботи з базою даних пацієнтів, налаштування індивідуальних програм тренувань, функцій успішності тренувань; шість незалежних каналів стимуляції з частотою імпульсів 10–100 Гц, потужністю стимуляції 1–140 мА і кроком в 1 мА; функцію розпізнавання спазмів.

Конструктивно він має стійку з поручнями для рук, T-подібний ключ для забезпечення безступінчастого регулювання радіуса педалей, регульовані опори для литок, фіксатори притиску для ступні, захист від перекидання інвалідного візка, регулювання тренажера за висотою, комплект електродів.

RT300-SA – це тренажер із ФЕС для реабілітації верхніх кінцівок, який активує м'язову систему за допомогою своєї моторної функції та ФЕС, забезпечує захист від перекидання й шість незалежних каналів стимуляції м'язів верхніх кінцівок (рис. 2.1).

Переваги тренажера – зниження наслідків дефіциту рухової активності (набряки, задерев'янілість суглобів, нееластичність рухів); активує м'язову систему за допомогою своїх двигунів і ФЕС; збільшує обсяг рухів, усуває спастичність, мінімізує атрофію м'язів, покращує циркуляцію крові.



Рис. 2. Загальний вигляд тренажерів RT300-SA і RT300-SLSA

Тренажер має панель управління з кольоровим РК-дисплеєм (управління пальцями або стилусом), бездротовий Internet для роботи з базою даних пацієнтів, налаштування індивідуальних програм тренувань, аналітичних функцій успішності тренувань; шість незалежних каналів стимуляції з частотою імпульсів 10–100 Гц і потужністю стимуляції 1–140 мА з кроком в 1 мА; функцію розпізнавання спазмів.

RT300-SLSA являє собою професійний тренажер із ФЕС для поєданого тренування та розробки нижніх і верхніх кінцівок, забезпечує зниження наслідків дефіциту рухової активності, має шість незалежних каналів стимуляції та розпізнавання спазмів (рис. 2. 2).

Переваги – зниження наслідків дефіциту рухової активності (набряки, задерев'янілість суглобів, нееластичність рухів), активує м'язову систему за допомогою моторної функції тренажера й ФЕС, збільшує обсяг рухів, усуває спастичність, мінімізує атрофію м'язів, покращує циркуляцію крові.

Тренажер має панель управління з кольоровим РК-дисплеєм (управління пальцями або стилусом), бездротовий Internet для роботи з базою даних пацієнтів, налаштування програм тренувань, функцій успішності тренувань; шість незалежних каналів стимуляції з частотою імпульсів 10–100 Гц і потужністю стимуляції 1–140 мА з кроком у 1 мА; функцію розпізнавання спазмів.

Комплект тренажера має стійку з поручнями для рук, Т-подібний ключ забезпечення безступінчастого регулювання радіуса педалей, регульовані опори для литок, фіксатори притиску для ступні, захист від перекидання візка, регулювання тренажера за висотою, комплект електродів. Існує модифікація RT300-SLSA з ФЕС нижніх кінцівок й активно-пасивною розробкою верхніх кінцівок без застосування ФЕС.

RT300-SUPINE – професійний приліжковий тренажер із ФЕС для спільного тренування й розробки нижніх і верхніх кінцівок, активує м'язову систему за допомогою моторної функції тренажера й електростимуляції, має шість незалежних каналів стимуляції та розпізнавання спазмів (рис. 3).



Рис. 3. Загальний вигляд тренажера RT300-SUPINE

Переваги тренажера – зниження наслідків дефіциту рухової активності (набряки, задерев'янілість суглобів, нееластичність рухів); збільшує обсяг рухів, усуває спастичність, мінімізує атрофію

м'язів, покращує циркуляцію крові. Він має панель управління з кольоровим РК-дисплеєм (управління пальцями або стилусом), Internet для роботи з базою даних пацієнтів, налаштування індивідуальних програм тренувань, аналітичних функцій успішності тренувань; частота імпульсів стимуляції – 10–100 Гц з амплітудою 1–140мА і кроком у 1 мА; функцію розпізнавання спазмів.

Комплект тренажера має стійку з поручнями для рук, Т-подібний ключ для забезпечення безступінчастого регулювання радіуса педалей, регульовані опори для литок, фіксатори притиску для ступні, регулювання тренажера за висотою, комплект електродів. Існує модифікація без застосування ФЕС.

RT600 – унікальний професійний тренажер (рис. 4) забезпечує одночасну ФЕС м'язів нижніх кінцівок у режимі ходьби. Завдяки підвісному пристрою з функцією автоматичного зважування (вибір певного розвантаження ваги пацієнта під час вертикалізації) цей вид терапії проводять у пацієнтів, які не мають можливості вертикалізації та ходьби.

При використанні ФЕС виконується завдання нормалізації роботи локомоторних центрів на всіх вертикальних рівнях регуляції рухової активності. Активація м'яза за допомогою електричного роздратування здійснюється в момент, коли він і природним порядком (не раніше й не пізніше) уключається у виконання циклічної рухової дії (кроку).



Рис. 4. Загальний вигляд тренажера RT600

Завдяки цьому досягається максимальна перебудова нейродинаміки пацієнта. Тільки у фазі природного (довільного) збудження м'язів локомоторні центри всіх вертикальних рівнів ЦНС сприйнятливі до зовнішніх аферентних сигналів і доступні для корекції своєї діяльності. В інший час вони загальмовані й практично не піддаються корекції.

Показання до застосування тренажера – розслаблення м'язових спазмів, запобігання або вповільнення атрофії при адинамії, покращення місцевого кровообігу, збереження та збільшення рухливості суглобів.

Переваги тренажера – зручна система фіксації пацієнта та його стоп; установка довжини кроку; можливість використання в дітей.

Основні характеристики – діапазон швидкості 10–40 крок/хв (± 2 об/хв), крутний момент 1–29 Нм, електроживлення 230 В, $\sim 50/60$ Гц, вхідна потужність 200 ВА, кроковий ергометр; вага пацієнта – до 227 кг, зріст людини – 132–198 см, габарити (ДхШхВ) – 165x58,5x25,4 см, вага – 73 кг.

Підйомник має габарити (ДхШхВ) 102x102x196–226 см вагою в 64 кг; режим роботи – безперервного використання. Убудований стимулятор має максимальну вихідну напругу – 200 В, максимальну кількість каналів (10), кількість груп м'язів до 10 груп одночасно; вибір із 10 в нижніх кінцівках, вибір із 18 у верхніх кінцівках, черевного преса й паравертебральної групи; токовий вихід на канал – 0–140 мА (± 2 мА); тип форми напруги – біполярний, взаємно збалансований; імпульсний період 10–100 мс за замовчуванням – 30 мс; фаза шириною 50–500 мкс.

Віддалене підключення до бази даних: по локальній мережі для точки доступу – роз'єм RJ45, доступ до Інтернету – WiFi 802.11a / b / g; BlueTooth.

Висновки й перспективи подальших досліджень. Важливим засобом у фізичній реабілітації є застосування новітнього комплексу тренажерів для нижніх і верхніх кінцівок серії RT із використанням ФЕС м'язів кінцівок.

Представлений аналіз особливостей конструкції, функціонування та характеристик комплексу тренажерів серії RT для нижніх і верхніх кінцівок із ФЕС м'язів кінцівок дає підставу зробити висновок про те, що використання цих тренажерів підвищить ефективність реабілітації нижніх і верхніх кінцівок.

Перспективи подальших досліджень – проведення реабілітаційних заходів із метою підвищення ефективності фізичної реабілітації нижніх і верхніх кінцівок.

Джерела та література

1. Марченко О. К. Основы физической реабилитации : учеб. для студентов вузов / О. К. Марченко. – Киев : Олимп. лит., 2012. – 528 с.
2. Попадюха Ю. А. Сучасні комп'ютеризовані комплекси та системи у технологіях фізичної реабілітації : навч. посіб. / Ю. А. Попадюха. – Київ : Центр учб. літ., 2017. – 300 с.
3. Попадюха Ю. А. Сучасні роботизовані комплекси, системи та пристрої у реабілітаційних технологіях : навч. посіб. / Ю. А. Попадюха. – Київ : Центр учб. літ., 2017. – 324 с.
4. Попадюха Ю. А. Особливості використання сучасних і перспективних реабілітаційних технологій та засобів для відновлення опорно-рухового апарату спортсмена / Ю. А. Попадюха // 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, 2011. – Вип. 11. – С. 203–207.
5. Попадюха Ю. А. Технології післяопераційного відновлення плечевого комплексу с пошкодженнями ротаторної манжети / Ю. А. Попадюха // 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, 2015. – Вип. 3К2 (57) 15. – С. 270–274.
6. 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.
7. 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.
8. Попадюха Ю. А. Пути восстановления биомеханики плечевого сустава после артроскопического лечения поврежденной вращательной манжеты плеча / Ю. А. Попадюха // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. – Серія : Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт. – Чернігів : ЧНПУ, 2014. – № 118 (3). – С. 60–67.
9. 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.
10. Попадюха Ю. А. Технічні засоби у фізичній реабілітації спортсменів з пошкодженнями у ліктьовому суглобі / Ю. А. Попадюха // 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, 2014. – Вип. 3К (45) 14. – С. 291–297.
11. Реабілітаційний тренажер RT200 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.beka.ru/ru/katalog/aktivno-passivnaya-razrabotka-verkhnikh-i-nizhnikh-konechnostey/rt200/>. (дата звернення: 01.06.2016).
12. Педальний тренажер RT300-SL [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.medicalexpo.ru/prod/restorative-therapies/product-86357-556457.html>. (дата звернення: 02.06.2016).
13. Реабілітаційний тренажер RT300-SA [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.beka.ru/ru/katalog/aktivno-passivnaya-razrabotka-verkhnikh-i-nizhnikh-konechnostey/rt300-sa/>. (дата звернення: 02.06.2016).
14. Реабілітаційний тренажер RT300-SLSA [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://mcr-clinic.ru/oborudovanie/slsa/>. (звернення: 04.06.2016).
15. Реабілітаційний тренажер RT300-SUPINE [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://inva24.ru/catalog/trenazher_rt300_surpine_art_ber21140.html. (дата звернення: 08.06.2016).
16. Реабілітаційний тренажер RT600 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://mstyle-spб.ru/rt600>. (дата звернення: 03.05.2017).

Анотації

У статті розглянуто особливості застосування тренажерів серії RT для забезпечення фізичної реабілітації нижніх і верхніх кінцівок. **Мета роботи** – аналіз функціональних і конструктивних особливостей тренажерів серії RT із функціональною електростимуляцією у фізичній реабілітації нижніх і верхніх кінцівок.

Ключові слова: фізична реабілітація, травма, захворювання, кінцівки, функціональна електростимуляція, тренажер.

Юрій Попадюха. Особенности тренажеров серии RT с функциональной электростимуляцией для реабилитации нижних и верхних конечностей. В статье рассматриваются особенности применения тренажеров серии RT для обеспечения физической реабилитации нижних и верхних конечностей. **Цель работы** – анализ функциональных и конструктивных особенностей тренажеров серии RT с функциональной электростимуляцией в физической реабилитации нижних и верхних конечностей.

Ключевые слова: физическая реабилитация, травма, заболевания, конечности, функциональная электростимуляция, тренажер.

Yuriy Popadiukha. Peculiarities of the RT Series Simulators with Functional Electrostimulation for Rehabilitation of Lower and Upper Extremities. The article examines peculiarities of application of the simulators of RT series for maintenance of physical rehabilitation of the bottom and upper extremities. The **objective of the work** is to analyze the functional and constructive peculiarities of the RT series simulators with functional electrostimulation in physical rehabilitation of the lower and upper extremities.

Key words: physical rehabilitation, trauma, disease, extremities, functional electrical stimulation, training simulator.