

Особливості застосування роботизованого тренажерного комплексу CON-TREX у реабілітаційних технологіях

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

Постановка наукової проблеми та її значення. Незважаючи на використання в реабілітації при травмах і захворюваннях хребта, нижніх і верхніх кінцівок технічних засобів, застосування роботизованих комплексів і систем із біологічним зворотним зв'язком (БЗЗ) для підвищення її ефективності після пошкоджень та захворювань хребтового стовпа, нижніх і верхніх кінцівок людини є актуальною науковою й медико-соціальною проблемою.

У різних видах реабілітації після травм і захворювань, хребта, 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. 368; 8, с. 65; 9, с. 294; 13, 14] тощо. Проте, незважаючи на існування різних реабілітаційних програм із відновлення верхніх [5, с. 273; 6, с. 167; 7, с. 369; 8, с. 66; 9, с. 294] і нижніх кінцівок [2, 3; 4, с. 205] після їх травм та захворювань, проблем із хребтом [10, с. 110; 11, с. 99; 12, с. 55], ще мало задіяні новітні комплекси, які можуть комплексно використовуватися для хребтового стовпа, нижніх і верхніх кінцівок.

Актуальною є проблема аналізу функціональних та конструктивних особливостей і застосування в реабілітаційних технологіях роботизованого тренажерного комплексу CON-TREX [15] для підвищення ефективності комплексної реабілітації пацієнтів із пошкодженнями й захворюваннями хребта, нижніх і верхніх кінцівок. Роботу виконано відповідно до плану НДР «Розробка технологій фізичної терапії та засобів їх здійснення» (№ державної реєстрації 0117U002933) кафедри біобезпеки і здоров'я людини НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського».

Аналіз досліджень цієї проблеми. Відновлення функцій пошкоджених (хворих) хребта, нижніх і верхніх кінцівок людини є актуальною проблемою, а сучасними реабілітаційними засобами [1, с. 508; 4, с. 205] – лікувальна гімнастика, масаж, фізіотерапія, механотерапія на базі СРМ-тренажерів різних фірм і типів (OptiFlex, Fisiotek, Artromot, Kinetec, XT DigiGlide Kaiser Portable Hand CPM, Lantz Medical-Vector 1, Kaiser-DigiGlide Hand CPM Softgood Kit, шина Stat-A-Dyne Pro/Sup, Jace-H440 Hand CPM, Jace-W550 Wrist CPM) [6, с. 166; 7, с. 370; 9, с. 293], комп'ютеризовані й роботизовані комплекси, системи й засоби [2, 3].

Формулювання мети й завдання дослідження. Мета статті – аналіз особливостей функціональних і конструктивних характеристик новітнього роботизованого тренажерного комплексу CON-TREX у реабілітаційних технологіях при пошкодженнях та захворюваннях хребта, нижніх і верхніх кінцівок пацієнтів.

Завдання дослідження – розглянути функціональні та конструктивні особливості новітнього роботизованого тренажерного комплексу CON-TREX у реабілітаційних технологіях при пошкодженнях та захворюваннях хребта, нижніх та верхніх кінцівок пацієнтів.

Виклад основного матеріалу та обґрунтування отриманих результатів дослідження. У житті суспільства прогресують різноманітні захворювання та травми хребтового стовпа, нижніх і верхніх кінцівок та, як наслідок, утрата працездатності; значно зріс ризик побутового й спортивного травматизму. Під час проведення інтенсивних професійних дій, навчально-тренувальних занять і змагань хребет, нижні та верхні кінцівки працівників (спортсменів, робітників) несуть значне статодинамічне навантаження. Одним із новітніх напрямів відновлення рухових функцій хребта й кінцівок є комп'ютеризована [2] та роботизована механотерапія [3], суть якої полягає у використанні спеціальних конструкцій і функцій багатофункціональних інтегрованих комплексів та систем із використанням БЗЗ для проведення тестувань, моніторингу, реабілітаційних заходів і тренувань. Проблема створення реабілітаційних технологій для пацієнтів із грубими руховими порушеннями прискорила створення новітніх роботизованих та механотерапевтичних засобів. Для комплексної апаратної реабілітації, хребта, нижніх і верхніх кінцівок застосовують широкий спектр роботизованих і механотерапевтичних засобів, які можна розділити на дві групи – *роботизовані й механотерапевтичні*.

Роботизовані – це засоби, котрі містять мотори для забезпечення відповідного руху або допомоги, що мають схожість із живим організмом, його частиною, а також інтерактивність – здатність змінювати стереотип своєї дії залежно від умов середовища, з урахуванням показників убудованих датчиків. Механотерапевтичні – це засоби з двигунами для виконання запрограмованого руху, вони можуть

мати датчики й зворотний зв'язок. Новітнім апаратно-програмним комплексом (АПК), роботизованим біомеханічним діагностичним тренажерним, є CON-TREX компанії «Physiomed Elektromedizin AG» (Німеччина), який виконує унікальні функції, котрих не має жодна з подібних систем [15].

АПК CON-TREX – це багатофункціональна, інтегрована система з БЗЗ для проведення тестувань, реабілітаційних заходів і тренувань, являє собою ідеальний інструмент для аналізу статичного й динамічного допустимого навантаження на суглоб, даючи змогу розробляти окремі групи м'язів під постійним контролем і корегувати тренування в будь-який момент (рис. 1).



Рис. 1. Загальні види діагностичного АПК CON-TREX

Комплекс CON-TREX – це ідеальний засіб для забезпечення оцінки швидкісних параметрів руху, високоінтенсивних силових тренувань, реабілітації скелетно-м'язових порушень і нейро-м'язових розладів. Дисбаланс м'язової структури може призвести до порушення оптимальної послідовності рухів і травмування суглобів. Лікарі та фізіотерапевти використовують методики, які засновані на комп'ютерних біомеханічних вимірах для виявлення подібного дисбалансу.

Завдання комплексу – отримати об'єктивну й відтворену інформацію про силу, яка виробляється м'язами в ділянці суглоба та під час виконання послідовності комплексу вправ, діагностика й об'єктивна функціональна оцінка стану опорно-рухового та нейро-м'язового апаратів пацієнта на основі обсягу виконуваного руху, реєстрованого зусилля пацієнта й визначення оптимальних швидкісних характеристик його руху, атрофія м'язів може бути скоригована ефективними реабілітаційними тренуваннями.

За обмеження рухової здатності через *неврологічну* причину (після травм головного мозку, порушення мозкового кровообігу), реабілітаційні заходи спрямовано на відновлення координації рухів і здатності керувати роботою м'язів. Комплекс імітує рухи, характерні для організму людини, що дає змогу проводити тренування в режимі клінічного моніторингу: пацієнти стежать за тренуванням на екрані в режимі реального часу. Вони можуть бачити позитивну динаміку занять, що дає їм додаткову мотивацію для підвищення ефективності реабілітаційних заходів за рахунок активного особистого залучення, причому «класичні» методи проведення тренувань не дають змоги досягти такого ефекту повною мірою.

У результаті роботи м'язів формується й здійснюється рух, якщо м'яз отримує менше навантаження або не отримує його взагалі під час хвороби, після травм чи хірургічної операції, він дуже швидко атрофується. Тому слід проводити курс реабілітації для задіяних м'язів і суглобів якомога раніше, щоб запобігти втраті сили й координації.

Сфери використання комплексу CON-TREX – неврологія, ортопедія та травматологія, спортивна медицина. Завдяки універсальності й унікальному програмному забезпеченню (ПЗ) комплекс ідеально підходить для забезпечення аналізу, оцінки, дослідження та поліпшення скелетно-м'язових характеристик і координаційних можливостей. Раннє проведення діагностики й профілактики деградації або травм скелетно-м'язової структури в амбулаторній реабілітації та клінічній практиці означає, що необхідна м'язова група може тренуватися з постійною швидкістю (ізокінетичний режим) або з постійним навантаженням (ізотонічний режим) у концентричній, ексцентричній фазі руху та їх комбінаціях, в унікальному балістичному режимі.

Для професійного спорту – об'єктивна оцінка стану й оптимізація тренувального процесу для професійних атлетів за допомогою точного аналізу необхідного завдання та вискоефективного тренування. *Геріатрія* – реабілітація літніх людей, у тому числі після операцій на суглобах. Пацієнти навіть із дуже малою силою здатні проводити активні рухи з потрібною швидкістю.

Нейрореабілітація – реабілітація нейром'язових порушень за допомогою тренувальних рухів із візуальним БЗЗ, які використовують із самого початку функціональної реабілітації. Корекція, поліпшення або перенавчання щоденних рухів, використовуючи шаблони руху пацієнта, – це комплекс, що допомагає досягти стабільності в суглобі, координації та адекватного зусилля руху. *Науково-дослідна робота* – це об'єктивна оцінка результатів аналізу, зручність налаштування, зберігання всіх параметрів комплексу для кожного випробуваного, висока точність виміру й робота в режимах із компенсацією сили тяжіння та моменту інерції маси під час руху. Це робить комплекс ефективним інструментом для наукових робіт і досліджень.

Модулі АПК CON-TREX

Мультисуглобовий модуль CON-TREX MJ (рис. 2) разом із модулями управління CON-TREX PM-1 і PM-2, а також допоміжними засобами для відповідних фізичних вправ являють собою високоефективні біомеханічні діагностичні тренажерні системи, що обертаються й призначені для проведення автономних тренувань і діагностики всіх основних суглобів верхніх та нижніх кінцівок. Висока плавність роботи механічної частини разом із вказівками кваліфікованого оператора (фізіотерапевта) допомагають досягти хороших результатів тренувань у будь-якому режимі, установленому оператором.



Рис. 2. Види мультисуглобового модуля CON-TREX MJ

Ефективний, об'єктивний контроль результатів. Завдяки безінерційній динаміці АПК, навіть у психологічно незручних положеннях виключається надмірне навантаження на суглоби, що дає змогу користуватися ним із керуючими модулями PM-1/2 при мінімальних вимогах до площі займаної поверхні (2,8x2,5 м).

Система автоматичного налаштування та відображення результатів у режимі БЗЗ дає змогу ефективно проводити відновні тренування для пацієнтів. Рухи в усьому діапазоні мають оптимальне налаштування навантаження, яке прикладають до атрофованих м'язів, і сприяють тому, аби швидко наростити м'язову силу, підвищити міцність суглобів, а під час тренувань із підвищеними навантаженнями – істотно поліпшити координацію рухів.

Функціональні виміри всього тіла означають, що система діагностики дає змогу проводити обстеження всіх основних суглобів верхніх і нижніх кінцівок у незалежному й пов'язаному режимах: плечового, ліктьового та променево-зап'ястного суглобів; кульшового, колінного й надп'ятково-гомількового суглобів; тулуба (хребта) у поєднанні з додатковим модулем ТР; симуляція рухів, уключаючи пальці, і симуляція вільних рухів.

Лінійний модуль CON-TREX LP – це модуль впливу на нижні кінцівки, що уможливорює вплив як на одну кінцівку, так і на дві в незалежному, синхронному або почерговому режимах (рис. 3).



Рис. 3. Види лінійного модуля CON-TREX LP

Лінійний модуль для жиму ногами має широкі можливості, забезпечує найвищі межі виміру й навантаження до 6000 Нм зі швидкістю руху до 1 м/с. Він розроблений для діагностики та зміцнення нижніх кінцівок у зв'язаному режимі, а висока точність пристроїв вимірювань і надійність управління системою приводу забезпечення комфортного руху дають змогу застосовувати модуль для багатьох різних завдань.

Модуль можна використовувати для тренування спортсменів і відновних вправ «звичайних пацієнтів», реабілітації людей похилого віку, наприклад, після операцій на кульшовому суглобі. Усе це дає змогу використовувати комплекс разом із керуючими модулями РМ-1/2 при мінімальних вимогах до площі займаної поверхні (1,8х2,5 м).

Залежно від обраних фізичних вправ з одночасним зміцненням усієї м'язової системи нижніх кінцівок значно поліпшується координація рухів і підвищується стійкість суглоба. Автоматичне налаштування та відображення результатів у режимі зворотного зв'язку забезпечують високу ефективність відновних тренувань для пацієнтів.

При всіх рухах у межах діапазону відбувається оптимальне регулювання навантаження й впливу на атрофовані м'язи, даючи змогу швидко наростити м'язову силу, істотно покращити координацію рухів, запобігти надмірному навантаженню на суглоби.

Зручне налаштування модуля – крісло пацієнта плавно регулюється від положення з вертикальною спинкою до повністю горизонтального положення, де ковзають багатофункціональні підставки для ніг (використовуються окремо – ліва або права, із синхронним чи почерговим рухом) і різні варіанти вбудованих опор підставок для ніг разом із безліччю різних режимів навантаження.

Це дає змогу ефективно розв'язувати багато проблем під час терапії нижніх кінцівок. Велика кількість різних налаштувань і можливість їх комбінованого використання уможливорює вибір найкращого індивідуального режиму тренування.

Пропонуються різноманітні *адаптери* комплексу, які фіксуються простим у використанні механізмом швидкого затиску, що істотно скорочує кількість непродуктивних зайвих дій і ризик отримання травм для оператора (фізичного терапевта) або пацієнта.

Модуль для тулуба CON-TREX TP – це допоміжний модуль для проведення розгинання та згинання тулуба в різних режимах навантаження з широкими можливостями налаштування (рис. 4). Він має два варіанти: для «звичайних» пацієнтів та професійних спортсменів.

Цей модуль є високоефективною діагностичною тренажерною системою для тулуба, який установлюється й використовується з мультисуглобовими комплексами CON-TREX MJ.

Модель TP 500 для реабілітації хворих і тренувань здорових людей із середнім рівнем спортивної підготовки та модель TP1000 для спортсменів із підвищеними навантаженнями відрізняються лише діапазоном навантажень. Широкий діапазон налаштувань модуля, простота установки й різноманітність видів навантаження забезпечуються завдяки програмному продукту CON-TREX Human Kinetics, що дає змогу застосовувати це обладнання в різних цілях для проведення діагностики або терапії тулуба.



Рис. 4. Види модуля для тулуба CON-TREX TP

Для діагностики передбачено можливості випрямлення та згинання прямих м'язів спини тулуба, які розгинають м'язи назад і згинають у поперековому відділі хребта. Діапазон рухів визначається самостійно й може встановлюватися в межах (-15° – 105°) поряд із різними режимами навантаження, що дає змогу розв'язувати більшість проблем, які стосуються терапії м'язів тулуба.

Максимальний крутний момент становить 1000 Нм (діапазон високих навантажень) і залежить від типу обраного модуля. Максимальна швидкість $180^{\circ}/\text{с}$ (обмеження, установлене в програмі) – механізми, що дають змогу швидко й точно визначати швидкість, починаючи від $0,1^{\circ}/\text{с}$ із кроком налаштування $0,1^{\circ}/\text{с}$, що здійснюється за допомогою змінного повзунка або клавіатури введенням необхідного значення в програму.

Для зручності налаштування цього модуля передбачено можливість регулювання за висотою підніжки й підколінників, яке виконується дуже просто з клавіатури. За необхідності, укласти на обладнання тяжкохворого пацієнта. Висувне поворотне колесо забезпечує легкість і плавність при переміщенні модуля.

Модуль симуляції роботи CON-TREX WS (динамометр) створений для моделювання схем рухів, що виникають у повсякденному (трудовому) житті й під час занять спортом (рис. 5). Він має надзвичайно широкий діапазон позицій біля підлоги та високо над головою. Тому разом із широким діапазоном кутового налаштування забезпечуються спеціалізоване й реалістичне моделювання, аналіз складних завдань руху.

Мінімальні вимоги до робочого простору на підлозі разом із широким і гнучким діапазоном налаштування головки динамометра уможлиблює проведення своєчасної терапії в лікарняному ліжку.



Рис. 5. Види модуля симуляції роботи CON-TREX WS

Динамометричний пристрій (рис. 6) має надзвичайно широкий діапазон позицій біля підлоги, високо над головою й разом із широким діапазоном кутового налаштування забезпечує спеціалізоване та реалістичне моделювання, аналіз складних завдань руху всіх основних суглобів верхніх і нижніх кінцівок. Автоматичне регулювання коефіцієнта посилення (залежно від суглоба / адаптера) забезпечує високу точність вимірювань навіть при мінімальних значеннях крутного моменту.



Рис. 6. Динамометри модуля симуляції роботи CON-TREX WS

Переваги комплексу CON-TREX:

– *стандартизація в діагностиці*: протоколи діагностики та результати тренувань зберігаються в базі даних для кожного пацієнта з повною інформацією про налаштування системи, навантаження, амплітуди й т. ін.;

– *індивідуальний підхід до пацієнта*: об'єктивні результати діагностики та стандартизовані заходи з виміру дають змогу створити ефективні індивідуальні програми та здійснювати індивідуальний моніторинг кожного пацієнта;

– *об'єктивна оцінка стану пацієнта*: ПЗ (Human Kinetics) комплексу сприяє документуванню для кожного пацієнта, аналізу, порівнянню в різних зведених таблицях і графіках результатів діагностики й тренування (до, під час і після певного виду терапії або нового тренувального процесу);

– *рання функціональна реабілітація*: пацієнти, які мають слаборозвинений м'язовий скелет, можуть активно тренуватися з відповідною швидкістю руху;

– *можливість вибору напрямку руху*: незважаючи на складну систему контролю руху, зусилля може направлятися у напрямку руху (концентрично), проти напрямку руху (ексцентрично) або обидва типи руху комбінуються;

– *більш високі абсолютні швидкості*: відомі німецькі університети підтверджують той факт, що при використанні комплексу пацієнти досягають швидкості руху на 30 % вищої, ніж під час роботи на звичайних ізокінетичних тренажерах. Проведення діагностики, тренувань і реабілітації можливе й при високих функціональних швидкостях руху;

– *комплексний рух за участю декількох суглобів*: балістичний рух набагато ближчий до функціонального руху, ніж класичний;

– *безпека*: першочерговим завданням є безпека людини. При створенні кожної деталі всі можливі ризики ретельно проаналізовані та виключені всюди, де це можливо. Захист людини у всіх режимах дії забезпечує 3-рівнева система безпеки, що безперервно стежить за справною роботою комплексу. Сила, швидкість, діапазон рухів, крутний момент автоматично налаштовуються керуючою системою на робочий режим.

Це єдиний комплекс, який дає змогу починати реабілітаційні заходи на ранній стадії, завдяки його унікальним технологіям:

– *активна компенсація сили тяжіння* дає змогу тренувати пацієнтів, чиє зусилля навіть менше від сили тяжіння, що діє на кінцівку («тренування в умовах невагомості»);

– *балістичний режим забезпечує* підвищення швидкості рухів, роботу з мінімальним зусиллям (рання функціональна реабілітація), широку амплітуду рухів у всіх напрямках, комплексну участь суглобів у русі (не лише ізольовані, а й комплексні рухи частин тіла: тулуб, коліно, плече, нижні кінцівки), дає змогу проводити тренування з природними швидкостями по всій амплітуді руху навіть для дуже слабких пацієнтів;

– *типи навантажень*: ізокінетичне в класичному й балістичному режимах, ізотонічне в класичному та балістичному режимах, ізометричне (фіксоване положення), СРМ – постійний пасивний рух, комбіноване навантаження: концентричне/срт, срт/концентричне, ексцентричне/срт, срт/ексцентричне;

– вільно визначені шаблони руху (наприклад ходьба).

Комплекс дає змогу проводити діагностику й тренування з БЗЗ для всіх основних суглобів верхніх і нижніх кінцівок: зап'ястя, ліктьовий, плечовий, кульшовий, надп'яtkово-гомільковий, колінний в ізольованих та змішаних рухах; комплексні рухи нижніми кінцівками в унілатеральному, білатеральному

або почерговому режимам; розгинання й згинання тулуба стоячи; дрібні моторні та комплексні повсякденні рухи. Комплекс однаково ефективний для дорослих і дітей. Рекомендується до застосування в дітей, вік яких – понад 11 років.

Застосування комплексу CON-TREX:

– рання діагностика й профілактика деградації або травм скелетно-м'язової структури (навіть коли їх не можна встановити звичайним способом) у сфері неврології (особливо під час реабілітації хворих, котрі перенесли інсульт), при церебральних паралічах і ДЦП;

– реабілітація нейром'язових порушень за допомогою тренувальних рухів із візуальним БЗЗ, що можуть бути використані із самого початку функціональної реабілітації. Корекція, поліпшення або перенавчання щоденних рухів (наприклад використовуючи шаблони руху пацієнта).

На початковій стадії реабілітації пацієнти часто не володіють достатньою силою для здійснення активного руху на традиційних сучасних ізокінетичних керованих комп'ютером тренажерних системах.

Фізіологічно очікувані швидкості руху можуть бути реалізовані лише до певної межі. Сучасні тренажерні системи не в змозі забезпечувати швидкі, але реалістичні швидкості натурального руху.

Висновки й перспективи подальших досліджень. Важливим засобом у реабілітаційних технологіях є застосування новітнього АПК CON-TREX, що дає змогу проводити діагностику й тренування з БЗЗ для всіх основних суглобів верхніх і нижніх кінцівок: зап'ястя, ліктьовий, плечовий, кульшовий, надп'яtkово-гомільковий, колінний в ізольованих та змішаних рухах; комплексні рухи нижніми кінцівками в унілатеральному, білатеральному або почерговому режимах, розгинання й згинання тулуба стоячи, дрібні моторні та комплексні повсякденні рухи.

Представлений аналіз особливостей конструкції, функціонування та характеристик АПК CON-TREX дає підставу зробити висновок про те, що його використання підвищить ефективність реабілітаційних технологій.

Перспективи подальших досліджень – це проведення реабілітаційних заходів із метою підвищення ефективності реабілітаційних технологій щодо тулуба, хребта, нижніх і верхніх кінцівок людини.

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. – Вип. 11, 2011. – С. 203–207.
5. Попадюха Ю. А. Технологии послеоперационного восстановления плечевого комплекса с повреждениями ротаторной манжеты / 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. Современные СРМ-тренажеры для восстановления двигательных функций кисти и пальцев руки / Ю. А. Попадюха // Современные здоровьесберегающие технологии : науч.-практ. журн. – № 4. – 2017. – С. 364–376.
8. Попадюха Ю. А. Пути восстановления биомеханики плечевого сустава после артроскопического лечения повреждений 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. 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.
10. Попадюха Ю. А. Тренажеры Tergumed с обратной связью в технологиях физической реабилитации, профилактики заболеваний и повреждений позвоночника / Ю. А. Попадюха, А. И. Алешина, А. А. Алешин // Молодіжний науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі України. – Серія : Фізичне виховання і спорт. – Вип. 21. – Луцьк, 2016. – С. 107–115.
11. Попадюха Ю. А. Комп'ютеризована система з біологічним зворотним зв'язком HUBER 360 MD у технологіях фізичної реабілітації, оздоровлення й спорту / Ю. А. Попадюха // Молодіжний науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі України. Фізичне виховання і

спорт : журнал / уклад. А. В. Цьось, А. І. Альошина. – Луцьк : Східноєвроп. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2016. – Вип. 22. – С. 96–102.

12. Попадюха Ю. А. Особливості комп'ютеризованих елісферичних систем ІМООВЕ в реабілітації опорно-рухового апарату, оздоровленні людини та спорті / Ю. А. Попадюха // Молодіжний науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. – Серія : Фізичне виховання і спорт. – 2016. – Вип. 23. – С. 53–62.
13. Реабілітаційний тренажер RT300-SLSA [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://mcr-clinic.ru/oborudovanie/slsa/>. (звернення: 04.06.2016).
14. Реабілітаційний тренажер RT300-SUPINE [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://inva24.ru/catalog/trenazher_rt300_supine_art_ber21140.html. (дата звернення: 08.06.2016).
15. Тренажерная система CON-TREX [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.keleanz.ru/catalog/39/186/>. (дата звернення: 13.10.2017).

Анотації

У статті розглянуто особливості використання роботизованого тренажерного комплексу CON-TREX у реабілітаційних технологіях. **Мета роботи** – аналіз функціональних і конструктивних особливостей роботизованого тренажерного комплексу CON-TREX у реабілітаційних технологіях.

Ключові слова: реабілітація, травма, захворювання, моніторинг, кінцівки, суглоби, комплекс, зворотний зв'язок, балістичний режим.

Юрий Попадюха. Особенности применения роботизированного тренажерного комплекса CON-TREX в реабилитационных технологиях. В статье рассматриваются особенности использования роботизированного тренажерного комплекса CON-TREX в реабилитационных технологиях. **Цель работы** – анализ функциональных и конструктивных особенностей роботизированного тренажерного комплекса CON-TREX в реабилитационных технологиях.

Ключевые слова: реабилитация, травма, заболевания, мониторинг, конечности, суставы, комплекс, обратная связь, баллистический режим.

Yuriy Popadiukha. Peculiarities of the Use of The Robotic Simulator Complex CON-TREX in Rehabilitation Technologies. In the article the peculiarities of using the robotic simulator complex CON-TREX in rehabilitation technologies are considered. The purpose of the work is to analyze the functional and design features of the robotic simulator complex CON-TREX in rehabilitation technologies.

Key words: rehabilitation, trauma, disease, monitoring, limbs, joints, complex, feedback, ballistic regime.