

Попадюха Ю.А.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНОЇ СИСТЕМИ ISO-SHIFT У СПОРТІ, ФІЗИЧНОМУ ВИХОВАННІ ТА РЕАБІЛІТАЦІЇ

У статті розглянуто конструктивні та функціональні особливості, принципи дії сучасної системи для верхніх кінцівок ISO-SHIFT для задач спорту, фізичного виховання та реабілітації. Мета роботи - аналіз особливостей функціонування системи ISO-SHIFT для задач спорту, фізичного виховання та реабілітації.

Ключові слова: верхні кінцівки, спорт, фізичне виховання та реабілітація, технічні засоби, сенсорна поверхня, датчики, біологічний зворотний зв'язок, ігрове віртуальне середовище.

Попадюха Ю.А. Особенности применения современной системы ISO-SHIFT в спорте, физическом воспитании и реабилитации. В статье рассмотрены конструктивные и функциональные особенности, принципы действия современной системы для верхних конечностей ISO-SHIFT для задач спорта, физического воспитания и реабилитации. Цель работы - анализ особенностей функционирования системы ISO-SHIFT для задач спорта, физического воспитания и реабилитации.

Ключевые слова: верхние конечности, спорт, физическое воспитание и реабилитация, технические средства, сенсорная поверхность, датчики, биологическая обратная связь, игровая виртуальная среда.

Popadiukha Y.A. Features of the application of the modern ISO-SHIFT system in sports, physical education and rehabilitation. The article deals with constructive and functional features, the principles of the ISO-SHIFT upper limb system in the tasks of sport, physical education and rehabilitation. The purpose of the work is to analyze the features of the ISO-SHIFT system for the tasks of sport, physical education and rehabilitation. The cable system allows you to recognize movement and conduct effective training. The system with its dynamic geometry is specific for training upper limbs, designed for use in sports, physical education of youth, physical rehabilitation and professional therapy. This is provided by a personal computer with a touch screen 23", the detection load surface and a unique integrated 3D camera for motion capture. The system support base is a sensor platform with 4 load elements that in real time reveals the distribution of user loads on a platform with a resolution of 1 mm and a frequency of 20 Hz. The 3D camera system is able to "scan" the user, is equipped with 3 optics: a two-dimensional camera, ultrasonic and infrared camera. The system has 2 independent mechanical and regulating Handles in the frontal and sagittal planes This extends the versatility of the system for targeted upper limb exercises and basic stability training. The 3D digital graphic image allows you to study the jump phases, frame by frame, at different viewing angles. The software analyzes the development of "pressure centers" in phase of flight and during the landing phase. The platform software has a powerful postural module, offers standard tests for static and dynamic orthostatic control.

Key words: upper extremities, sports, physical education and rehabilitation, technical means, sensor surface, sensors, biological feedback, game virtual medium.

Постановка проблеми. Незважаючи на використання у спорті та фізичному вихованні різних систем і тренажерів для зміцнення верхніх кінцівок, а у фізичній реабілітації для їх відновлення після різноманітних захворювань і травм за допомогою реабілітаційних засобів, застосування новітніх систем з сенсорною стабілометричною платформою та візуальним зворотним зв'язком (БЗЗ) для забезпечення підвищення ефективності спортивної підготовки, фізичного виховання та реабілітації є актуальною науковою та медико-соціальною проблемою.

У спорті, фізичному вихованні для зміцнення поясу верхніх кінцівок, а у фізичній реабілітації його відновлення застосовують фізичні вправи [1, с. 503; 10, с. 127], різних типів комплекси, системи і засоби: комп'ютеризовані [3, с. 20-27, 41-69, 125-141; 4-8; 11-14] та роботизовані комплекси, системи та пристрої [2, с. 60 - 98], реабілітаційні екзоскелети та біонічні протези [2, с. 197 - 181], спеціалізовані пасивні СРМ-тренажери - пристрій СРМ Shoulder S3 та інші [4, с. 166; 5, с. 52; 6, с. 294; 11] та активно-пасивні тренажери: Kinetec Maestra Portable hand CPM, XT DigiGlide Kaiser Portable Hand CPM, Lantz Medical-Vector 1, Jace-H440 Hand CPM, Jace-W550 Wrist CPM [9, с. 367-372] та інші. Незважаючи на використання реабілітаційних програм людини після захворювань і пошкоджень верхніх кінцівок [1, с. 508; 5, с. 51; 7, с. 64; 8, с. 107], ще мало використовуються новітні технології та системи з використанням БЗЗ і VR-середовищ.

Постановка проблеми - проаналізувати конструктивні та функціональні особливості, принципи дії сучасної системи для верхніх кінцівок ISO-SHIFT для задач спорту, фізичного виховання та реабілітації з використанням БЗЗ і VR-середовищ [15].

Актуальність дослідження – підвищення ефективності спортивної підготовки, фізичного виховання та заходів з фізичної реабілітації верхніх кінцівок при захворюваннях і пошкодженнях за рахунок використання сучасної системи ISO-SHIFT.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Роботу виконано за планом НДР «Розробка технологій фізичної терапії та засобів їх здійснення» (№ держ. реєстрації 0117U002933) кафедри біобезпеки і здоров'я людини НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського».

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Забезпечення зміцнення поясу верхніх кінцівок у спорті та фізичному вихованні, а у фізичній реабілітації відновлення функцій верхньої кінцівки після захворювань (інсульт, склероз, неврологічні та моторні розлади) та пошкоджень (травми головного та спинного мозку, загальні травми, травми верхньої кінцівки) є актуальною і важливою проблемою.

Натепер основними засобами зміцнення поясу верхніх кінцівок у спорті та фізичному вихованні є фізичні вправи з використанням спортивного знаряддя, тренажерних комплексів, систем і пристроїв, а для задач фізичної реабілітації є [1, с. 508]: лікувальна гімнастика, масаж, фізіотерапія, гідрокінезотерапія, а також механотерапія [4-7, 9, 11], роботизовані та комп'ютеризовані комплекси, системи та пристрої різних типів: Amadeo і Armeo, Diego і ReoGo, Gloreha і серії LegTutor [2], Primus RS і TechTrainer, HUR, Panatta і EN-Dinamic Track [3], Multi-Joint System MJS 403 Plus [8], T-REX [12], Myro [15], InMotion ARM [14] та інші.

Проте ще не достатньо вирішені питання відносно можливостей застосування новітньої системи системи для верхніх кінцівок ISO-SHIFT для задач спорту, фізичного виховання та реабілітації з використанням БЗЗ і VR-середовищ [15].

Новизна. Проведено комплексний аналіз конструктивних і функціональних особливостей, принципів дії сучасної системи для верхніх кінцівок ISO-SHIFT для вирішення задач спорту, фізичного виховання та реабілітації з використанням БЗЗ і VR-середовищ.

Методологічне або загальнонаукове значення. Методичні підходи щодо застосування новітньої системи для верхніх кінцівок ISO-SHIFT з використанням БЗЗ і VR-середовищ для вирішення задач спорту та фізичного виховання зі зміцнення поясу верхніх кінцівок підвищить ефективність підготовки спортсменів і фізичного виховання молоді, а також реабілітаційних заходів з відновлення верхніх кінцівок пацієнтів при різних захворюваннях і травмах, а також проведення наукових досліджень з використанням систем з використанням БЗЗ і VR-середовищ у вирішенні сучасних аспектів спорту, фізичного виховання та реабілітації.

Викладення основного матеріалу. Система ISO-SHIFT компанії TesnoBody (Італія) - це перша в світі кабельна система, яка має здатність розпізнавати рух та проводити ефективне навчання. Система з її динамічною геометрією є специфічною для тренування верхніх кінцівок, вона призначена для використання в спорті, фізичному вихованні молоді, фізичній реабілітації та професійній терапії.

Наведене забезпечується персональним комп'ютером (ПК) з сенсорним екраном 23", поверхнею навантаження виявлення та унікальною інтегрованою 3D-камерою для проведення зйомки руху. *Сенсорна поверхня.* База підтримки системи являє собою сенсорну платформу з 4 елементами навантаження, яка може в реальному часі виявляти розподіл навантажень певного користувача на платформу. На практиці основою підтримки системи є великий надзвичайно чутливий пристрій зі стабілометричною платформою з роздільною здатністю 1 мм та частотою 20 Гц (рис. 1).



Рис. 1. Види системи ISO-SHIFT з виконанням на ній фізичних вправ.

Верхній стенд (ПК) із екранними зображеннями дозволяє чітко та інтуїтивно відокремити праве-ліве і передне-заднє для правильної оцінки положення центру тиску людини у статичній та динамічній фазах (рис. 2.-1). 3D-камера, що розташована перед системою здатна «сканувати» користувача, вона обладнана 3-ма оптиками: двомірною камерою, ІЧ-камерою та ультразвуковою камерою (рис. 2.-2).



1. 2.
Рис. 2. Сенсорна платформа та інтегрована 3D-камера.

Електронна обробка трьох оптичних технологій дозволяє надзвичайно точно здійснювати реконструкцію в реальному масштабі часу кожного руху людини без необхідності застосовувати будь-який маркер на її тілі.

Оператор, який обертає точку огляду завдяки сенсорному екрану, подібний до людини, яка поставила численні дзеркала, щоб дати динамічну точку огляду тіла (поставка) у фронтальній площині й на 360°.

Регулювання сили. Простого сенсорного екрану достатньо для виявлення, а витончена пневматична конструкція автоматично змінює силове навантаження, яке можна швидко регулювати завдяки цифровому датчику на передній панелі системи.

Коли користувач вставляє свій персональний ключ TesnoBody, система автоматично змінює навантаження та сили, які зазначені в його особистій програмі (рис. 3).

Система ISO-SHIFT оснащена двома незалежними механічними та регульованими руками у фронтальній і сагітальній площинах. Ця зчленована механічна конструкція дозволяє розширювати універсальність системи як для цільових вправ верхньої кінцівки (рушійний внутрішньо-екстремальний ротатор, біцепси, трицепси тощо), так і тренувань основної стійкості.

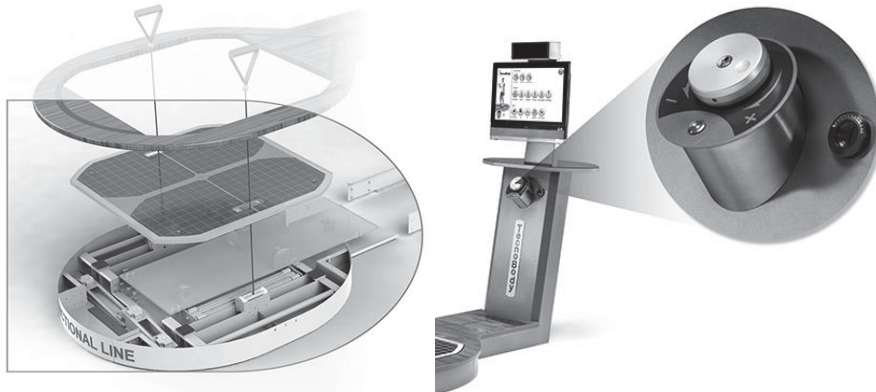


Рис. 3. Регулювання сили на платформі системи ISO-SHIFT.

Налаштування механічних рук системи під час навчальної програми, є простим і керується програмним забезпеченням (ПЗ): контрольна панель та налаштування на передній-задній панелях (рис. 4).



Рис. 4. Незалежні та регульовані механічні руки системи ISO-SHIFT.

Кожна людина має власну програму і у кожного користувача є свій ключ TesnoBody – це потужна та гнучка система, яка професійно стежить за людиною на всіх етапах спортивного тренування, фізичного виховання та фізичної реабілітації. Вставивши його в будь-який пристрій лінії TesnoBody, система розпізнає людину та автоматично встановить певний навчальний тренінг. Ключ містить програму навчання користувача та його оцінку сили, рівноваги, стабільності, еластичності тощо. ISO-SHIFT - це відкрита та гнучка система. Фізичні вправи, що не потребують використання ваги, не вимагають великого обладнання, або вправи з використанням вільної ваги можуть виконуватися на цій системі, яка має статичну платформу, екран, що забезпечує візуальний БЗЗ, на якому оцінюються основні параметри управління силою: постантуральний контроль в певних стресових ситуаціях і балансування навантаження на платформу.

Фахівець має потужний інструмент комунікації, де складні концепції, які будуть передані в якості постави і контролю навантажень можуть бути легко пояснені та показані на практиці. Крім того, просте натискання на екрані ПК визначить зміни пневматичних схем в автоматичному режимі силових навантажень. Особистий тренер спортсмена, або фізичний терапевт мають точний інструмент, що доступний для них, де складні поняття, такі як положення та навантаження, можна легко пояснити та продемонструвати.

Система управління TesnoBody. Вбудоване ПЗ системи - це потужна допомога тренеру, викладачу з фізичного виховання, фізичному терапевту планувати та відслідковувати програму підготовки спортсменів, фітнесу, фізичного виховання та реабілітації - це дійсно ефективна система допомоги користувачам під час функціональної підготовки. Системи функціональної лінії обладнані спеціальними модулями для *функціональної оцінки*, де її мета полягає у перевірці того, як

людина реагує на «перевантаження» умов у спільних заходах, таких як тиск на ноги, функціонування плечей, вигини хребта та ін. (рис. 5).

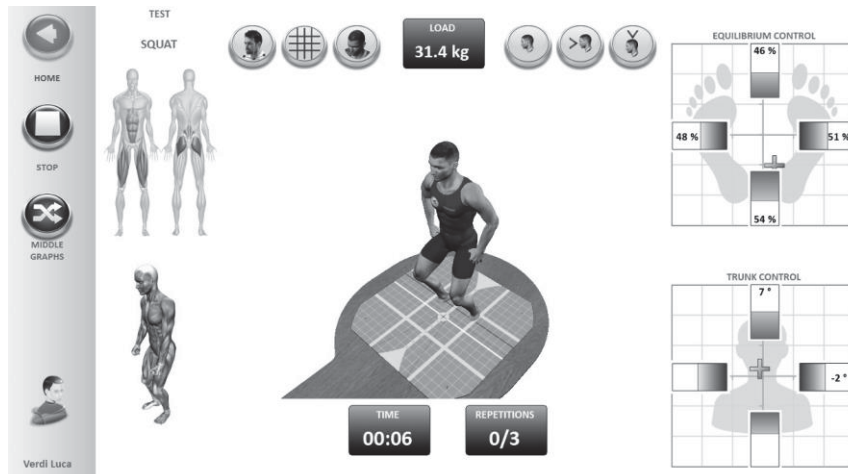


Рис. 5. Зображення функціональної оцінки на моніторі системи ISO-SHIFT.

3D-камера дозволяє читати всі сегменти тіла в режимі реального часу та вимірювати динамічний діапазон руху. Сучасне ПЗ платформи Functional systems (TBMS 2.0) має потужний постуральний модуль, що пропонує ряд стандартних тестів для статичного і динамічного ортостатичного контролю (тест Ромберга, LOS, BESS та ін.).

Навчальний модуль. Сутність функціональних систем є фактично функціональним тренуванням після здійснення ретельної оцінки. БЗЗ пристроїв є потужним, що базується на 3-х параметрах відображення, які в реальному часі надаються користувачеві: його 2D і 3D-зображення, контроль навантаження на платформі, системний контроль. Дуже складний алгоритм системи в реальному часі автоматично обчислює кількість повторень виконаного навчання (тренування) та «якість» переміщення людини.

Багато навчальних програм, які попередньо завантажуються в систему (понад 150, поділених на анатомічні регіони), можливо виконувати за допомогою ключа TespoBody окремо або послідовно (рис. 6). Існує декілька ігор для функціональної підготовки, здатних привертати увагу людини під час навчальних занять. Система керування ISO-SHIFT повністю інтегрована з системою керування TespoBody та ПЗ платформи, яке управляє пристроями лінії TespoBody.

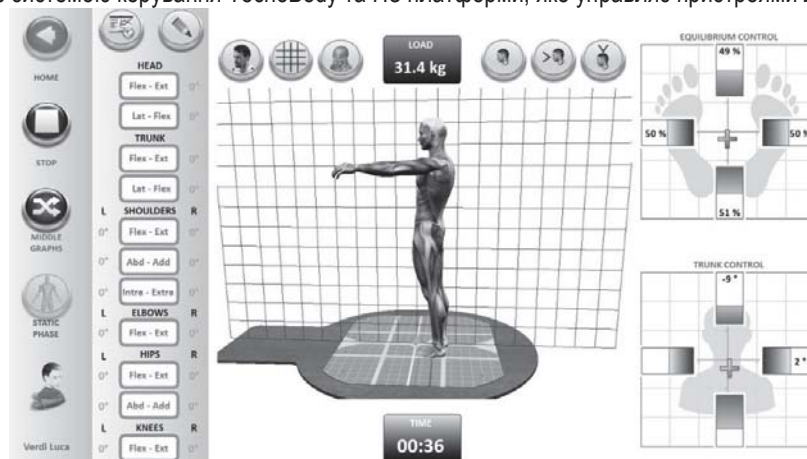


Рис. 6. Результати функціонального тренування на моніторі системи.

Інноваційне ПЗ TespoBody Squat Jump застосовується до програмного модуля пристроїв Functional Performance Line, яке дозволяє в реальному часі побачити класичні параметри стрибка: потужність, сила, швидкість, висота та аналізувати позу та всі кінематичні параметри сегментів тіла спортсмена (користувача) під час атлетичних (відновних) рухів (рис. 7).

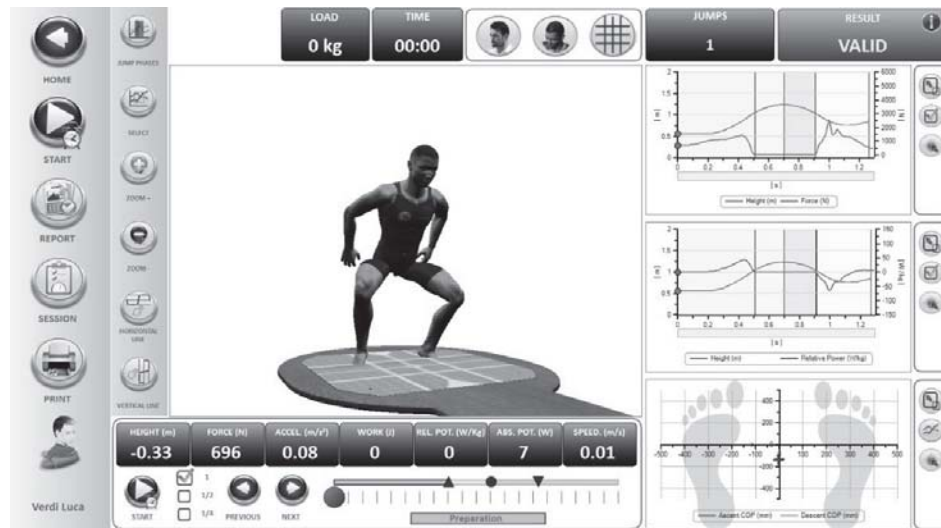


Рис. 7. Кінематичні параметри сегментів тіла на моніторі системи.

3D-цифрове графічне зображення дозволяє вивчати всі фази стрибка, кадр за кадром, при різних кутах огляду. ПЗ аналізує розвиток «центрів тиску» у фазі польоту та під час етапу приземлення (рис. 8).

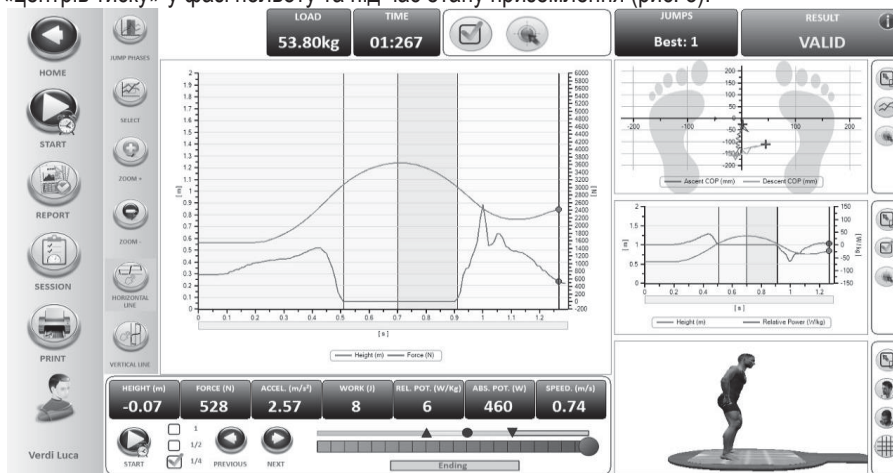


Рис. 8. Результати контролю всіх фаз стрибка на моніторі системи.

Основні особливості системи ISO-SHIFT: база даних особистих даних та загальні дані користувача; повністю інтегрована з системою керування TespoBody та ПЗ платформи, яке керує всіма пристроями лінії TespoBody; створення індивідуальних навчальних програм, які пов'язані з профілем користувача та визначення його в схемі через ключ TespoBody; наявність «посібника користувача» для полегшення самостійного використання системи; користувач може самостійно визначити схему через свій ключ і запустити тренування на різних системах TespoBody; функціональність планування та звітність тестових сеансів; надання загального звіту про тестові та навчальні сесії.

Деякі фізичні вправи на системі ISO-SHIFT наведені на Рис. 9.





Рис. 9. Деякі фізичні вправи на системі ISO-SHIFT.

Основні технічні характеристики системи ISO-SHIFT: ПК-контроль Touch-Screen 23"; інтегрована 3D-камера для зйомки руху; аналіз руху за допомогою 3D-виявлення камери та сенсорної силової платформи з оперативною поверхнею (см) – 100 x 100 і висотою 15см; інтерфейс ПК повністю програмований з точки зору робочих програм, тестування та навчання; підключення до ПК - RS232; функції: аналіз руху і сила платформи для запису та перевірки правильних рухів, баланс і постава; діапазон опору 0-15 кг (односторонній); крок підвищення – 0,5 кг; діапазон навантаження платформи: 0-300 кг; точність 0,2 кг; електроживлення: 230 В, 50 Гц, 2,5 А; габарити системи (мм): ДхШхВ: 2440x1300x1920; споживана потужність: 600 Вт; вага – 220 кг.

Головні висновки.

1. Важливою проблемою зміцнення верхніх кінцівок у спорті та фізичному вихованні, а у реабілітації відновлення їх функцій є застосування сучасної системи ISO-SHIFT з використанням БЗЗ і VR-середовищ.

2. Наведений аналіз конструктивних і функціональних особливостей, принципів дії сучасної системи ISO-SHIFT з використанням БЗЗ і VR-середовищ дозволяє зробити висновок про те, що тренування на цій системі значно підвищить ефективність підготовки спортсменів та у фізичному вихованні, а також фізичної реабілітації під час відновлення функцій верхніх кінцівок після різноманітних захворювань і пошкоджень.

Перспективи використання результатів дослідження.

Проведення тренувальних занять зі зміцнення верхніх кінцівок у спорті, фізичному вихованні та реабілітаційних заходів з відновлення верхніх кінцівок під час занять на системі ISO-SHIFT з використанням БЗЗ і VR-середовищ з наступною оцінкою результатів.

Література:

1. Марченко О.К. Основы физической реабилитации: учеб. для студентов вузов / О.К. Марченко. – К. : Олимп. лит., 2012. – 528 с. – Библиогр. : С. 519 - 527.
2. Попадюха Ю. А. Сучасні роботизовані комплекси, системи та пристрої у реабілітаційних технологіях: Навч. посіб. / Ю.А. Попадюха. – К.: Центр учбової літератури, 2017. – 324 с.
3. Попадюха Ю. А. Сучасні комп'ютеризовані комплекси та системи у технологіях фізичної реабілітації: Навч. посіб. / Ю.А. Попадюха. – К.: Центр учбової літератури, 2017. – 300 с.
4. 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. Випуск 14, 2009. - С. 165 - 168.
5. 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). 36. наукових праць. – К.: Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова, 2012. - Випуск 22. С. 48 - 60.
6. Попадюха Ю.А. Технічні засоби у фізичній реабілітації спортсменів з пошкодженнями у літквовому суглобі / Ю.А. Попадюха // Науковий часопис НПУ ім. М.П. Драгоманова, Серія 15. Науково-педагогічні проблеми фізичної культури (фізична культура і спорт). 36. наукових праць. – К.: Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова, 2014. - Випуск 3К (45) 14, - С. 291 – 297.
7. 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.
8. Попадюха Ю.А. Комп'ютеризована система Multi-Joint System MJS 403 Plus у превентивній реабілітації пошкоджень і захворювань плечевого суглоба / Ю.А. Попадюха, М.О. Демиденко // Молодіжний науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Серія : Фізичне виховання і спорт. Випуск 23, Луцьк, 2016. - С. 104 - 111.
9. Попадюха Ю.А. Современные СРМ-тренажеры для восстановления двигательных функций кисти и пальцев руки / Ю.А. Попадюха // «Современные здоровьесберегающие технологии». Научно-практический журнал № 4, 2017. - С. 364 - 376.
10. Теорія і методика фізичного виховання. Том 1. Загальні основи теорії і методики фізичного виховання / за ред. Круцевич Т.Ю., К.: Олимп. лит., 2017. – 392 с.

11. <http://qalmedical.com/s3-shoulder-cpm-device/> - Пристрій CPM Shoulder S3.
12. https://www.teampostop.net/products_services/t-rex-shoulder-unit-total-range-exerciser/ - Система T-REX реабілітації плеча.
13. <http://www.beka.ru/ru/katalog/vosstanovlenie-funktsiy-verkhnikh-konechnostey/myro/> - Пристрій для інтерактивної і когнітивної реабілітації верхніх кінцівок Муро.
14. <https://www.bioniklabs.com/products/inmotion-arm> - комп'ютерна система для відновлення рук InMotion ARM.
15. https://fitness.infmed.com/fitnes_catalog/tecnobody/trenirovochnaya_sistema_isoshift/ - Система ISO-SHIFT.

Попадюха Ю.А.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ОСОБЛИВОСТІ РЕАБІЛІТАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВЕРХНІХ КІНЦІВОК BIMEO PRO

У статті розглянуто конструктивні особливості, принципи дії та функції системи реабілітації для верхніх кінцівок Bimeo PRO для забезпечення відновлення верхніх кінцівок при різних захворюваннях і пошкодженнях. Мета роботи - аналіз особливостей системи Bimeo PRO в забезпеченні реабілітації верхніх кінцівок.

Ключові слова: верхні кінцівки, фізична реабілітація, технічні засоби, датчики, ігрове віртуальне середовище.

Попадюха Ю.А. Особенности реабилитационной системы для верхних конечностей Bimeo PRO. В статье рассмотрены конструктивные особенности, принципы действия и функции системы реабилитации верхних конечностей Bimeo PRO для обеспечения восстановления верхних конечностей при различных заболеваниях и повреждениях. Цель работы - анализ особенностей системы Bimeo PRO в обеспечении реабилитации верхних конечностей.

Ключевые слова: верхние конечности, физическая реабилитация, технические средства, датчики, игровая виртуальная среда.

Popadiukha Y.A. Features of the rehabilitation system for upper limbs Bimeo PRO. The article deals with design features, principles of operation and functions of the Bimeo PRO upper limb rehabilitation system to ensure recovery of the upper limbs in various diseases and injuries. The aim of the work is to analyze the features of the Bimeo PRO system in providing rehabilitation of the upper extremities. The Bimeo PRO system is designed to assist in the rehabilitation of patients recovering from a stroke and suffering from nervous disorders, it is effective in treating patients with multiple sclerosis, with recovery after a brain injury, general trauma, spinal cord injury, rehabilitation of patients with impaired motor functions of the hand due to neurologic and neuromotor disorders, other hand injuries. Rehabilitation system Bimeo PRO provides different modes of physical rehabilitation with various therapeutic applications. The bimanual mode allows the patient to move his injured hand with a less affected (healthy) hand, and clinicians evaluate their bimanual coordination. The isolated mechanical joint mode is concentrated on the separate joints of the arm (shoulder, elbow, wrist), the wrist regime provides specially designed exercises for it. All regimens train patients to perform various tasks related to everyday motor activities, allows physical therapists to accurately assess the range of movements in the damaged hands. Therapy with the Bimeo PRO system refers to the most modern methods of rehabilitation, integrating the gaming VR-environment with its traditional methods. The Bimeo PRO system provides a wide range of therapy modes through the use of various applications, types of recovery and an intuitive interface. The Bimeo PRO system has special sensors for tracking patients when they perform various exercises, including those designed specifically for an objective assessment of the motor functions of the hand. The possibilities of the Bimeo PRO system contain: unique therapy on the supporting surface and in the free space; bimanual therapy on the supporting surface and in the free space; wrist care therapy; therapy with joints of the hands: shoulder (flexion / extension, retraction / reduction, internal rotation), ulnar (flexion / extension, elbow / radial deviation), wrists (flexion / extension, pronation / supination).

Key words: upper extremities, physical rehabilitation, technical means, sensors, game virtual environment.

Постановка проблеми. Незважаючи на використання у реабілітації верхніх кінцівок після різноманітних захворювань та пошкоджень різних технічних засобів, застосування новітніх систем з використанням середовища віртуальної реальності (VR) для підвищення ефективності реабілітаційних технологій є актуальною науковою та медико-соціальною проблемою.

У фізичній реабілітації пацієнтів з захворюваннями та пошкодженнями верхніх кінцівок (особливо кістей і пальців) застосовуються фізичні вправи [1, с. 503], спеціалізовані пасивні (CPM) та активно-пасивні тренажери: пристрій CPM Shoulder S3 та інші [4, с. 166; 5, с. 52; 6, с. 294; 10], Kinetec Maestra Portable hand CPM, XT DigiGlide Kaiser Portable Hand CPM, Lantz Medical-Vector 1, Kaiser - DigiGlide Hand CPM Softgood Kit, Stat-A-Dyne Pro/Sup, Jace-H440 Hand CPM, Jace-W550 Wrist CPM [9, с. 367-372], комп'ютеризовані [3, с. 15-69; 7, с. 166; 10, 11, 15, 16], та роботизовані системи та пристрої [2, с. 60 - 98; 17] та інші. Незважаючи на використання реабілітаційних програм, щодо відновлення людини після захворювань і пошкоджень верхніх кінцівок [1, с. 508; 5, с. 51; 7, с. 64], ще мало задіяні новітні технології та системи з використанням VR-середовищ.

Постановка проблеми - проаналізувати функціональні та конструктивні особливості системи реабілітації для верхніх кінцівок Bimeo PRO з використанням VR-середовищ [12-14] для забезпечення відновлення верхніх кінцівок при різних