

Комп'ютеризована система з біологічним зворотним зв'язком HUBER-360 MD у технологіях фізичної реабілітації, оздоровлення й спорту

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

Постановка наукової проблеми та її значення. Незважаючи на значні досягнення інженерних і медичних технологій у лікуванні опорно-рухового апарату (ОРА), використання комп'ютеризованих систем із біологічним зворотним зв'язком у фізичній реабілітації, оздоровленні та спорті є важливою медико-соціальною проблемою.

У фізичній реабілітації й оздоровленні, профілактиці пошкоджень і захворювань ОРА, а також спорті застосовують різні фізичні вправи [1, 507], технічні комплекси та системи: HUBER [2, 78], HUBER Motion Lab [3, 25] і [4, 94], David [4, 102], Tergumed [6, 110] та ін. Проте, незважаючи на застосування реабілітаційних, оздоровчих і профілактичних програм, що спрямовані на попередження травматизму та розвитку патології ОРА [1, 508], на підготовку спортсменів, ще не в повному обсязі використовуються новітні комп'ютеризовані системи з біологічним зворотним зв'язком (БЗЗ).

Постає актуальною проблема – аналіз функціональних та конструктивних можливостей новітньої комп'ютеризованої системи з біологічним зворотним зв'язком HUBER-360 MD [7; 8] для забезпечення реабілітаційних, оздоровчих і профілактичних технологій, підготовки спортсменів.

Роботу виконано за планом НДР «Розробка технологій забезпечення психолого-фізичної реабілітації і оздоровлення людини (№ держ. реєстрації – 0111U003539) кафедри біобезпеки і здоров'я людини НТУУ «КПІ».

Аналіз досліджень цієї проблеми. Відновлення функції ОРА, забезпечення оздоровчих і профілактичних технологій, а також підготовки спортсменів – важлива медико-соціальна проблема. На сьогодні важливими засобами фізичної реабілітації є [1, 508] лікувальна гімнастика, масаж, механотерапія, кінезо- й гідрокінезотерапія, фізіотерапія, сучасні комп'ютеризовані системи різних конструкцій, такі як HUBER [2, 78], HUBER Motion Lab [3, 25] і [4, 94], David [4, 102], Tergumed [6, 110] та ін.

Формулювання мети й завдання дослідження. Мета статті – проведення аналізу функціональних і конструктивних особливостей новітньої комп'ютеризованої системи HUBER-360 MD з БЗЗ для забезпечення реабілітаційних, оздоровчих і профілактичних технологій, підготовки спортсменів різних видів спорту.

Завдання дослідження – розглянути функціональні та конструктивні особливості комп'ютеризованої системи HUBER-360 MD із БЗЗ у забезпеченні реабілітаційних, оздоровчих і профілактичних технологій, а також у процесі підготовки спортсменів різних видів спорту.

Виклад основного матеріалу та обґрунтування отриманих результатів дослідження. *Комп'ютеризована система HUBER-360 MD із БЗЗ* компанії «Chattanooga» (США) підняла можливості технології HUBER на абсолютно новий рівень щодо забезпечення сучасної нейром'язової реабілітації, що дає змогу проводити повний цикл фізичної реабілітації, оздоровлення та профілактики ОРА – від діагностики й початкового етапу відновлення до етапу силового зміцнення м'язів під час підготовки спортсменів у різних видах спорту.

В основі концепції лежить об'єднання балансу, координації та спільного тренування м'язів усього тіла. Головна перевага системи HUBER 360 MD, порівняно з попередниками – системами HUBER [2, 77–83] і HUBER Motion Lab [3, 23–28] і [4, 93–96] – наявність готових протоколів терапії, можливість точкової роботи з різними групами м'язів без впливу на інші [7, 8].

Останньому представнику систем HUBER у 2015 р. вдалося зробити справжній прорив у нейром'язовій реабілітації. На сьогодні цю систему використовують в усьому світі для відновлення пацієнтів на будь-яких етапах після різних травм та операцій, більшості неврологічних ушкоджень, ожиріння та іммобілізації. Система HUBER-360 не має аналогів у світі та поєднує діагностику, фізичну реабілітацію, оздоровлення, профілактику, підготовку спортсменів.

Справжня технологія біокеровальної механокінезотерапії з БЗЗ уключає в роботу не певні м'язові групи, а м'язові ланцюги (згинальні, розгинальні та ті, що скручують), тобто всю скелетну мускулатуру в збалансовану за силою, координацією рухів і поструральним контролем роботи. Вона володіє високою терапевтичною ефективністю, істотно скорочує терміни лікування та фізичної реабілітації пацієнтів.

Водночас можливості системи дають змогу використовувати її під час підготовки спортсменів до змагань практично в будь-яких видах спорту. Вона уможливорює точність діагностування проблемних зон спортсмена й точкове зміцнення та збалансування саме їх, за необхідності не впливаючи на інші

зони. Саме ця перевага й робить систему HUBER-360 MD незамінним та універсальним тренажером для фізичної реабілітації, оздоровлення, профілактики проблем з ОРА, спорту для зміцнення тільки тих ділянок тіла, де це потрібно.

Показання до застосування HUBER-360 MD із БЗЗ у фізичній реабілітації, оздоровленні, профілактиці пошкоджень ОРА, а також у спорті: розтягнення зв'язок, переломи, болі в попереку, люмбаго, грижа міжхребцевого диска, радикуліт, сколіоз, дорсалгія, болі в плечовому суглобі, операції на передніх схрещених зв'язках, після ендопротезування колінного та кульшового суглобів.

Вона призначена для пацієнтів, які потребують фізичної реабілітації, літніх людей (адекватна фізична активність без ризику для здоров'я), людей із малорухомим способом життя, осіб з ожирінням (зниження ваги, збільшення метаболізму, забезпечення дозованого, ефективного фізичного навантаження), спортсменів (поліпшення функціональних властивостей м'язів й ефективності рухів), моделювання фігури, спалювання жиру на різних частинах тіла.

Система складається з таких основних частин (рис.1): нової Multiaxis рухомої моторизованої платформи (із сенсорами тиску), яка створює нестабільність опори для людини, поручнів-динамометрів (із сенсорами тиску), які вимірюють зусилля під час процедури, і колони із сенсорним екраном БЗЗ, що відображає хід процедури в реальному часі. Додатково система має горизонтальні безпечні поручні для страхування людини під час діагностики (тестування) на рівновагу та координацію, шарнірний стілець (зі змінними кутами 0–15°) для пацієнтів з обмеженою мобільністю. Безпечне кріплення на платформі, дві підставки для ніг із різними кутами елевації (10° збільшення) і ротації (15° збільшення), упор для ніг для проходження тесту Ромберга, датчик пульсу, планшет для віддаленого управління системою.



Рис. 1. Загальний вигляд комп'ютеризованої системи HUBER-360 MD

Процес відновлення та види тренувань поділяються на чотири типи: гнучкість і мобільність; сила; баланс та координація; опір (спорт і зміцнення м'язів).

Моторизована платформа, що має багато осей, забезпечує комплексну функціональну оцінку, адаптовану до всіх типів пацієнтів; динамічну корекцію постави для точного й прогресивного тренування; спрямоване в багатьох напрямках стимулювання та цільовий набір; конкретні траєкторії для кожного терапевтичного показання.

Кожна позиція рухомої платформи вибирається, виходячи з обраного м'яза чи суглоба, з урахуванням їхніх анатомічних та фізіологічних особливостей. Кожна траєкторія руху платформи враховує анатомічні площини суглобів та фізіологічний діапазон скорочення м'язів. Кожна мета тренування полягає в тому, щоб максимізувати діапазон рухів м'язів або максимально розширити діапазон рухів у суглобі.

Біологічний зворотний зв'язок і контроль. Повністю інтегрована система аналізу й діагностики: інструменти фото та відеоаналізу; з'єднання з HUBER-360 по Wi-Fi; відправлення результатів аналізу безпосередньо в PDF; створення власних програм і меню; віддалене управління системою та відображення процесу фізичної реабілітації, оздоровлення, профілактики або тренування.

Діагностика вміщує серію тестів (рис. 2), які здійснюються за 15 хвилин, дають змогу оцінити проблемні зони пацієнта на стабільність (тест Ромберга), рівновагу (стійка на одній нозі), ходьбу (тест Фукуда), межі стабільності, обмеження мобільності, максимальну силу, координацію.



Рис. 2. Серія тестів, що дають змогу оцінити проблемні зони пацієнта

Тест на стабільність (тест Ромберга) кількісно оцінює центр руху високого тиску в обидві сторони з відкритими й закритими очима; дає змогу оцінити баланс і візуальну аферентацію. Поза Ромберга [9] – це положення людини стоячи зі зсунутими разом стопами, із закритими очима й витягнутими прямо перед собою руками, у такому положенні вона перебуває декілька секунд.

Тест виявляє зміни рівноваги (хитання, падіння «симптом Ромберга») при виключенні зору, фіксується стабільність збереження пози або величина відхилення тулуба (управо, уліво, уперед, назад) від умовної вертикальної лінії. Якщо порушення рівноваги не виявлено, проводять так звану сенсibilізовану пробу Ромберга: обстежуваному пропонують прийняти попередню позу, але треба поставити ноги так, щоб носок однієї ноги торкався п'яти іншої.

Після прийняття такої пози людина повинна витягнути перед собою руки й заплющити очі: якщо не відзначається помітне відхилення тулуба, то вважається, що функція статичної рівноваги в людини не порушена. Зазвичай, хворі з порушенням вестибулярного аналізатора нестійкі в простій позі Ромберга й утрачають рівновагу (падають), виконуючи сенсibilізовану пробу. Переважний напрямок хитання (відхилення) в позі Ромберга має діагностичне значення: при ураженні мозочка хворий відхиляється переважно в бік ураженої півкулі. Похитування в позі Ромберга може спостерігатися й за відсутності органічних змін нервової системи (наприклад при неврозах).

Тест на ходьбу (тест Фукуда) [10] має перевагу в тому, що допомагає відтворити активність, аналогічну в повсякденному житті; цей статодинамічний аналіз вимагає тримати вертикально весь хребет при складній ходьбі на місці; забезпечує передачу ваги тіла, швидкість руху людини. Дослідження ходи (кінетичної або динамічної функції) – здійснення реєстрації відхилень (см) тулуба людини в сторони під час руху по прямій уперед і назад із відкритими й закритими очима. У здорових людей при ходьбі з закритими очима відхилення не перевищують 10–15 см, а у хворих з ураженням лабіринту є зигзагоподібна хода з відхиленнями від прямої лінії до 50–100 см і більше.

Проведення тесту «людина, яка крокує» – людина стає в центрі координаційної сітки з темною пов'язкою на очах, витягує руки вперед. Їй пропонують виконати на місці в темпі маршу 50–60 кроків, високо піднімаючи ноги. Після виконання вправ обстежуваний повинен залишатися на місці без руху. Визначається кут ротації (повороту) тіла. Тест оцінюється за ступенем відхилення від первісної позиції. У нормі кут відхилення не перевищує 30–45°. Здорова людина при цьому здійснює поворот тіла направо або наліво на 10–30°. Одностороннє периферичне ураження вестибулярної системи призводить до повороту пацієнта під час тесту в бік ураженого лабіринту. Центральна поразка – наявність вираженої атаксії при марші, відхилення може бути в будь-яку сторону, можуть відзначатися падіння чи повороти в бік патологічного процесу при залученні мозочка. У хворого з асиметрією вестибулярної збудливості ротація спостерігається на 45–180° і більше (рис. 3.1–3.3).

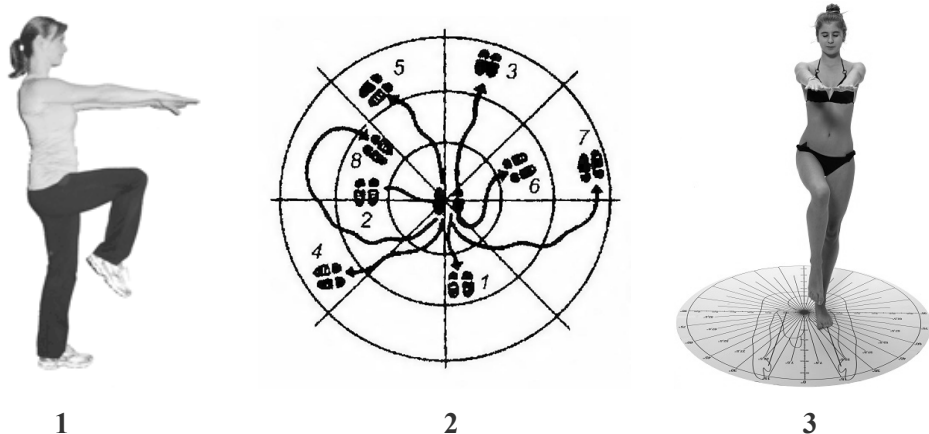


Рис. 3. Проведення тесту Фукуда

Варіанти «крокуючого» тесту (рис. 3–2): 1, 2, 3 – ротація відсутня, зміщення, щодо вихідної позиції вперед або назад до 40–90 см; 4, 5, 6, 7, 8 – ротація тіла відповідно на 50, 60, 110, 190 і 225 зі зміщенням відносно вихідного положення до 80–90 см.

Тест на рівновагу (стійка на одній нозі) має широкий спектр застосування, може бути використаний для молодих спортивних людей у якості тест-балансу, для осіб похилого віку – із метою визначення в них ризику падіння. *Тест на межі стабільності* – переноситься вага тіла в одному напрямі, не рухаючи ногами; критерії оцінки – визначається максимальна амплітуда центру зміщення тиску при довільних рухах у восьми різних напрямках. *Тест на обмеження мобільності* – рухома платформа нахилиється у восьми різних напрямках; фізіологічний блок автоматично зупиняє платформу за умови, що людина починає відчувати біль; визначає обмеження рухливості й амплітуду платформи, при якій може працювати.

Тест на максимальну силу визначає максимальну силу в людини в строго певному положенні на платформі в цей момент часу. *Тест на координацію* дає змогу оцінити здатність людини для координації рухів. *Тест на якість життя* (анкета) визначає якість життя пацієнта: запитальник SF 36 (відповіді на 10 запитань).

Система HUBER 360 MD містить велику кількість вбудованих протоколів лікування, реабілітації й тренування полегшуючи роботу фахівців, звільняючи їх від створення спеціальних планів занять і тренувань для більшості стандартних показань. Крім того, лікар, реабілітолог, інструктор або тренер може створювати власні протоколи тренувань для потреб своєї практики. Система відповідає сучасним стандартам, управління, протоколювання, ведення бази пацієнтів, збереження результатів і параметрів реабілітації, тренувань проводяться віддалено, за допомогою планшетного комп'ютера.

Під час фізичної реабілітації фахівець може спостерігати за процедурою або тренуванням людини, перебуваючи в іншому приміщенні. Програмне забезпечення повністю інтегровано в сенсорний планшетний комп'ютер, що оцінює стан людини, дає змогу ретельно налаштувати програму пацієнта й наступні результати. Wi-Fi підключений до виходу машини та фіксує всі переваги Neuro фізичного виховання.

Платформа із вбудованими силовими датчиками забезпечує вимірювання статичної й динамічної сили, що діє на платформу, еталонних тестів, ігрового балансування, ваги людини, динамічного коректора постави. Ручки із вбудованими силовими датчиками забезпечують вимірювання сили, показники тесту з координації, балансування гри (рис. 4.1), а сенсорний екран забезпечує надання 360 інтегрованих протоколів, візуалізацію 3D-постави, біологічний зворотний зв'язок, Wi-Fi і підключення Bluetooth (рис. 4.2).

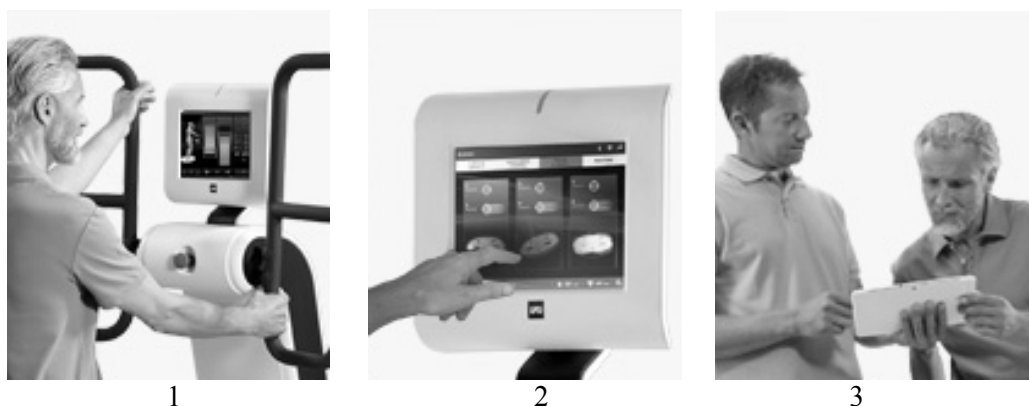


Рис. 4. Інформаційні засоби системи HUBER 360 MD

Застосування HUBER-360 MD: підключена до Wi-Fi, процес: оцінка – аналіз – результати, створення вільних меню та програм, має пульт дистанційного керування фізичними вправами (рис. 4.3). Із системою HUBER-360 MD фізична реабілітація, лікування, оздоровлення, профілактика, спортивне тренування поділяються на чотири основні групи руху: гнучкість і рухливість, динамічне укріплення постави й балансу, супротив (рис. 5).

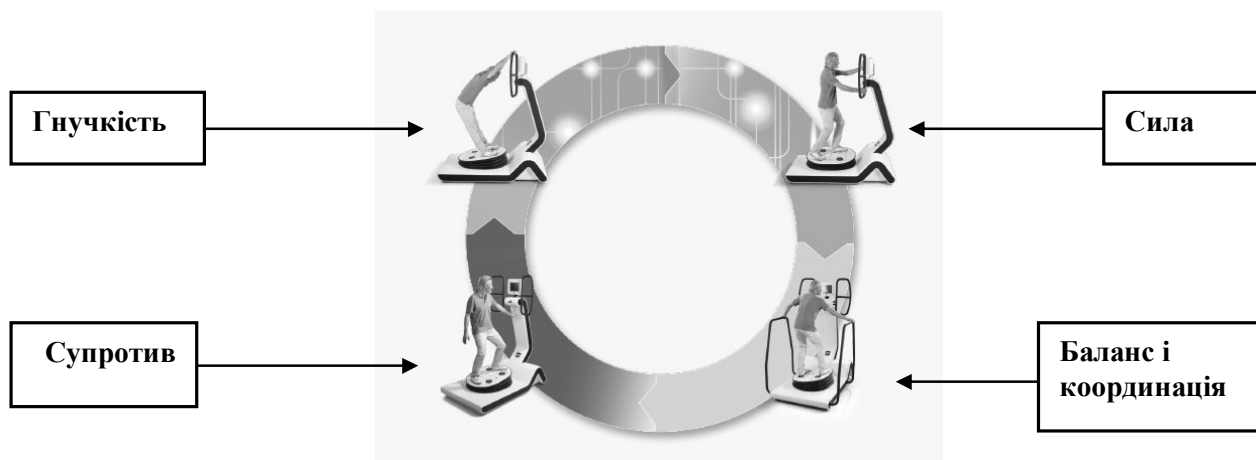


Рис. 5. Чотири основні групи руху при фізичній реабілітації, лікуванні, оздоровленні, профілактиці, спортивному тренуванні

Гнучкість і рухливість. Цілеспрямовані фізичні вправи забезпечать швидке поліпшення діапазону руху, система безпечно мобілізує суглоби й швидко допомагає зменшити біль. Екранний БЗЗ дає змогу розумно збільшити силу та покращити координацію, зміцнюються поверхові й глибокі м'язи. *Супротив* – це динамічні вправи, адаптовані до фізичного стану людини, допомагають збільшити здатність переносити втому, змінюють індекс маси тіла та покращують роботу ССС. *Постава та баланс.* Баланс ігри сприяє відновленню стійкості й підвищенню впевненості в рухах, коригується постава та підвищується стабільність.

Система дає змогу швидко поліпшити фізичний стан її користувача. Завдяки своєму унікальному модулю оцінки, фахівець точно визначає рівень схильностей людини.

Перший крок: відновлення – це короткострокова мета відновити певну здатність після аварії, сидячого періоду, конкретної проблеми. Поліпшення здійснюється найслабшим із 4-х основних принципів руху (рис. 6.1). *Другий крок* – ребаланс – середньострокова мета, щоб позбавитися напруженості, запобігти рецидивам і відчувати себе краще; балансуються всі чотири основні принципи руху (рис. 6.2). *Третій крок* – оптимізація – довгострокова мета, чим більше людина тренується, тим сильнішою вона стає, для того, щоб залишатись у гарній фізичній формі з віком, потрібно оптимізувати всі чотири основні принципи руху (рис. 6.3).



Рис. 6. Кроки для підтримки здоров'я на системі HUBER-360 MD

Основні технічні дані – вага – 274 кг; габарити (ДхШхВ) – 1,80х1,335х2,08 м (із поручнями) / 1,80х1,05х2,08 м (без них); площа з поручнями – 2,4 м²; живлення – 230В/50-60 Гц / 2 КВт; максимальний нахил платформи – 10°; максимальна її швидкість – 1TR/с при 10° нахилу; платформа має чотири силові датчики; максимальна вага людини на платформу – 150 кг; рукоятки мають силові датчики; кольоровий сенсорний екран – 10"4; зв'язок із планшета та аксесуарів.

Висновки й перспективи подальших досліджень. Важливою медико-соціальною проблемою у фізичній реабілітації, оздоровленні, спорті є використання новітніх комп'ютеризованих систем із БЗЗ.

Наведений аналіз характеристик й особливостей роботи комп'ютеризованої система з біологічним зворотним зв'язком HUBER-360 MD дає підставу зробити висновок про те, що робота на цій системі значно підвищить ефективність фізичної реабілітації та оздоровлення, профілактики пошкоджень і захворювань ОРА, спортивних тренувань.

Перспективи подальших досліджень – проведення реабілітаційних, оздоровчих і профілактичних заходів та спортивних тренувань із метою зміцнення м'язів ОРА, підвищення координації, балансу, покращення постави, гнучкості, рухливості хребта та суглобів під час занять (тренувань) на системі HUBER 360 MD із наступною оцінкою якості життя 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. Технологія «HUBER» у зміцненні опорно-рухового апарату людини / Ю. А. Попадюха // Науковий часопис НПУ ім. М. П. Драгоманова. – Серія 15 : Науково-педагогічні проблеми фізичної культури (фізична культура і спорт) : зб. наук. пр. – К. : Вид-во НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2012. – Вип. 24. – С. 77–83.
3. Попадюха Ю. А. Особливості використання комп'ютерної системи HUBER Motion Lab для забезпечення здоров'язбережувальної оптимізації та індивідуалізації тренувального процесу спортсменів у різних видах спорту / Ю. А. Попадюха // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. – Вип. 98. – Т. III. – Серія : Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт : зб. наук. пр. – Чернігів : ЧДПУ, 2012. – С. 23–28.
4. Попадюха Ю. А. Досвід використання системи HUBER Motion Lab для корекції постави, поліпшення балансу та координації рухів людини / Ю. А. Попадюха // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. – Серія «Педагогічні науки. Фізичне виховання і спорт». – Чернігів : ЧНПУ, 2012. – Т. 2., № 102. – С. 93–96.
5. Попадюха Ю. А. Особенности применения системы тренажеров DAVID в профилактике травматизма и физической реабилитации поврежденной опорно-двигательного аппарата / Ю. А. Попадюха, А. А. Алешина, Ю. В. Евтушенко // Молодіжний науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Фізичне виховання і спорт : журнал / уклад. А. В. Цюць, А. І. Альошина. – Луцьк : Східноєвроп. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2014. – Вип. 15. – С. 100–106.
6. Попадюха Ю. А. Тренажеры Tergumed с обратной связью в технологиях физической реабилитации, профилактики заболеваний и поврежденной позвоночника / Ю. А. Попадюха, А. И. Алешина, А. А. Алешин // Молодіжний науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. – Серія : Фізичне виховання і спорт. – Вип. 21. – Луцьк, 2016. – С. 107–115.
7. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://huber360.com> – Система HUBER-360 MD.
8. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://international.chattgroup.com/products/huber-360-md> – Застосування системи HUBER 360 MD.
9. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://vertigonet.ru/poza-romberga/> – Поза (проба) Ромберга.
10. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://medpuls.net/guide/or/issledovanie-spontannyh-vestibulyarnyh-reakciy> – Тест Фукуда.

Анотації

У статті розглянуто особливості застосування системи HUBER-360 MD для забезпечення реабілітаційних й оздоровчих технологій, підготовки спортсменів. **Мета роботи** – аналіз функціональних і конструктивних особливостей системи HUBER-360 MD для забезпечення фізичної реабілітації, оздоровлення, профілактики захворювань і травм опорно-рухового апарату, підготовки спортсменів.

Ключові слова: опорно-руховий апарат, фізична реабілітація, травми, технічні засоби, захворювання, оздоровлення, профілактика, біологічний зворотний зв'язок.

Юрий Попадюха. Компьютеризованная система из биологической обратной связью HUBER-360 MD в технологиях физической реабилитации, оздоровления и спорта. В статье рассмотрены особенности применения системы HUBER-360 MD для обеспечения реабилитационных и оздоровительных технологий, подготовки спортсменов. **Целью работы** является анализ функциональных и конструктивных особенностей системы HUBER-360 MD для обеспечения физической реабилитации, оздоровления, профилактики заболеваний и травм опорно-двигательного аппарата, подготовки спортсменов.

Ключевые слова: опорно-двигательный аппарат, физическая реабилитация, травмы, технические средства, заболевания, оздоровление, профилактика, биологическая обратная связь.

Yuriy Popadiukha. Computerized System with Biological Feedback HUBER-360 MD in Technologies of Physical Rehabilitation, Recreation and Sport. In the article the features of application of HUBER-360 MD system for ensuring of rehabilitation and health technologies, training of athletes was examined. The objective of the study is to analyze the functional and structural features of the HUBER-360 MD system in order to provide physical rehabilitation, recreation, prevention of diseases and injuries of the musculoskeletal system, preparation of athletes.

Key words: musculoskeletal system, physical rehabilitation, injuries, facilities, disease, rehabilitation, prevention, biofeedback.