Salud, Ciencia y Tecnología. 2023; 3:569
doi: 10.56294/saludcyt2023569

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Uso de la Rehabilitación robótica en los pacientes con enfermedades del sistema nervioso

Use of Robotic Rehabilitation in Patients with Diseases of the Nervous System

Tania Cecibel Cañarte-Rodríguez[1], Pilar Asunción Soledispa Cañarte[2], Betty Janeth Soledispa Cañarte[3], Glenda Marcela Sarmiento Tómala[2], Leonardo Pablo García Franco[4]

[1]Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Facultad de Ciencias Administrativas, Contables y Comercio. Carrera Gestión de la Información Gerencial. Manta, Manabí, Ecuador.
[2]Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Químicas. Guayaquil, Ecuador.
[3]Universidad Estatal del Sur de Manabí. Facultad de Ciencias Económicas "Administración de Empresas" Jipijapa. Manabí, Ecuador.
[4]Profesional Independiente. Ecuador.

Citar como: Cañarte-Rodríguez TC, Cañarte PAS, Cañarte BJS, Tómala GMS, Franco LPG. Uso de la Rehabilitación robótica en los pacientes con enfermedades del sistema nervioso. Salud, Ciencia y Tecnología 2023; 3:569. https://doi.org/10.56294/saludcyt2023569.

Enviado: 28-08-2023 **Revisado:** 17-10-2023 **Aceptado:** 11-12-2023 **Publicado:** 12-12-2023

Editor: William Castillo-González

RESUMEN

Introducción: el mundo actual es gobernado en las aristas científicas por los avances a los que es sometida la tecnología en el desarrollo e implementación de diversas ventajas para la sociedad. Al ser observados y analizados, los continuos cambios sociales, se hace visible la posibilidad de concluir que la tecnología es quien cobra el rol principal en el paradigma actual.
Objetivo: describir el uso de la robótica en la rehabilitación en enfermedades del sistema nervioso
Métodos: Se realizó una revisión de la bibliografía en el mes de noviembre de 2023 a través del acceso a las bases de datos Scopus, PubMed, Dialnet, Scielo, y el gestor de búsquedas Google Scholar versión 2022, con las estrategias: ((robo*) AND (medicina)), ((rehabilitación) AND (avances tecnológicos)) y ((medicina) AND (accidentes cerebrovasculares) AND (rehabilitación) AND (robo*) AND (tecnología)) y sus traducciones a la lengua inglesa, limitada la búsqueda a los últimos 5 años
Resultados: el sistema sensitivo (SS) comprende una organización compleja que informa acerca del desarrollo del mundo alrededor de la persona y de la propia persona en sí -receptores exteroceptivos e interoceptivos-, a través de la integración de los sentidos -audición, visión, tacto, olfato y gusto-.
Conclusiones: la rehabilitación robótica en enfermedades neurológicas supone un extraordinario avance, ya que reduce la carga física de los especialistas lo que permite un mayor aprovechamiento de estos y contribuye sustancialmente a la implementación de manera más eficaz e interactiva de las rutinas a realizar por los pacientes.

Palabras clave: Enfermedades del Sistema Nervioso; Medicina; Robótica; Rehabilitación Robótica.

ABSTRACT

Introduction: the current world is governed on scientific fronts by the advances to which technology is subjected in the development and implementation of various advantages for society. When continuous social changes are observed and analyzed, the possibility of concluding that technology plays the main role in the current paradigm becomes visible.
Objective: describe the use of robotics in rehabilitation in diseases of the nervous system
Methods: a review of the literature was carried out in the month of November 2023 through access to the databases Scopus, PubMed, Dialnet, Scielo, and the search manager Google Scholar version 2022, with the strategies: ((theft *) AND (medicine)), ((rehabilitation) AND (technological advances)) and ((medicine) AND

© 2023; Los autores. Este es un artículo en acceso abierto, distribuido bajo los términos de una licencia Creative Commons (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0) que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio siempre que la obra original sea correctamente citada

(stroke) AND (rehabilitation) AND (theft*) AND (technology)) and their translations into the English language, limited the search to the last 5 years
Results: the sensory system (SS) comprises a complex organization that informs about the development of the world around the person and the person themselves - exteroceptive and interoceptive receptors -, through the integration of the senses - hearing, vision, touch, smell and taste.
Conclusions: robotic rehabilitation in neurological diseases represents an extraordinary advance, since it reduces the physical load of specialists, which allows greater use of them and contributes substantially to the more effective and interactive implementation of the routines to be carried out by patients.

Keywords: Diseases Of The Nervous System; Medicine; Robotics; Robotic Rehabilitation.

INTRODUCCIÓN

El mundo actual es gobernado en las aristas científicas por los avances a los que es sometida la tecnología en el desarrollo e implementación de diversas ventajas para la sociedad. Al ser observados y analizados, los continuos cambios sociales, se hace visible la posibilidad de concluir que la tecnología es quien cobra el rol principal en el paradigma actual.

En una mirada salubrista, la terapia robótica rehabilitadora se ha convertido en objeto de estudio, donde se ha llegado a analizar los diferentes dispositivos de miembros superiores con la finalidad de ser clasificados y describir las principales características de estos; de igual manera ha sido tratado el caso de estos en distintas enfermedades, con mayor particularidad en las que competen al compromiso vascular encefálico.[1]

Ramírez[2] en su artículo sobre la investigación de un exoesqueleto robótico aplicado a la terapia física que se controla mediante el *Bluetooth* expone las eficiencias de este en la rehabilitación.

Los exoesqueletos constituyen un sistema de estructura rígida y externa constituida por una secuencia de palancas que permiten la realización de movimientos precisos y bajo el control de la información brindada por los sensores en cuanto al ángulo, velocidad y aceleración del movimiento; los más avanzados permiten obtener o capturar la actividad electriomiográfica o electroencefalográfica de los pacientes portadores de estos, en relación a la intención de los movimientos. Debido a estas propiedades, la manufactura de estos instrumentos es cara y escasa, pero el enorme cúmulo de aplicaciones permite que no sólo sean parte del proceso rehabilitador de los pacientes, sino que en casos de enfermedades que comprometan de manera total funciones vitales –caminar, mover los miembros superiores, por ejemplo–, actúen como sustitutos.[3]

La evolución histórica de la humanidad nos lleva a pensar en la existencia futura de ciborgs con exo o endoesqueletos que propicien procesos rehabilitadores o sustitutos de funciones ya perdidas en el organismo, por lo cual, no sería absurdo pensar en cómo estos favorecen realmente en el ámbito médico; dando cómo objetivo del presente estudio describir el uso de la robótica en la rehabilitación en enfermedades del sistema nervioso (SN).

MÉTODOS

Se realizó una revisión de la bibliografía en el mes de noviembre de 2023 a través del acceso a las bases de datos Scopus, PubMed, Dialnet, Scielo, y el gestor de búsquedas Google Scholar versión 2022, con las estrategias: ((robo*) AND (medicina)), ((rehabilitación) AND (avances tecnológicos)) y ((medicina) AND (accidentes cerebrovasculares) AND (rehabilitación) AND (robo*) AND (tecnología)) y sus traducciones a la lengua inglesa, limitada la búsqueda a los últimos 5 años –desde 2019 hasta 2023–, en idiomas español, inglés o portugués. Se utilizaron métodos del nivel teórico como el análisis-síntesis para la realización de la introducción y el desarrollo y el de deducción-inducción para la estructuración de las conclusiones. Fueron seleccionados aquellos artículos que permitiesen el acceso abierto, contasen con la extensión total del manuscrito y fuesen relevantes para la temática abordada a opinión de los autores, resultando así en 23 investigaciones, distribuidas en artículos originales, revisiones de la bibliografía y tesis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sistema Sensitivo

El sistema sensitivo (SS) comprende una organización compleja que informa acerca del desarrollo del mundo alrededor de la persona y de la propia persona en sí –receptores exteroceptivos e interoceptivos–, a través de la integración de los sentidos –audición, visión, tacto, olfato y gusto–. Los sentidos del gusto, la visión, el olor y el tacto, brindan a través de los exteroreceptores la información proveniente del mundo externo mediante las diferentes sensaciones que se experimentan; y a su vez la audición –órganos vestibulares del oído medio– en conjunto a los interoreceptores de los músculos, permiten captar información acerca de la posición y el movimiento. Estos receptores –interoreceptores– son los encargados de distinguir cuando se ejerce una acción

o cuando una acción es ejercida hacia la persona; identifican e interpretan los estímulos provenientes del exterior como son el equilibrio, velocidad o dirección.[4]

El SS es capaz de captar y localizar estímulos provenientes de cada célula sana del organismo, de igual forma existen campos receptivos asociados a los órganos, lo que permite la identificación del tipo de estímulo y la región, no obstante coexiste una compleja red de superposición de campos receptivos lo que provoca que haya diferenciación y mayor especialización en cuanto a las regiones; ejemplo: la capacidad de identificar 2 puntos de estímulos cercanos es mayor en la mano que en la espalda, esta especialización permite a su vez obtener información acerca de la modificación del estímulo y se realiza gracias a los receptores de adaptación rápida o lenta.[4]

Enfermedades del SN

Enfermedad cerebrovascular (ECV): síndrome que afecta las vasculatura del SN sobretodo en su porción central; este se caracteriza por una inestabilidad entre la contribución y la demanda de oxígeno del organismo, lo cual ocasiona una disfunción del tejido cerebral, dependiendo de su etiología, puede ser focal o generalizada; desde este punto de vista existen 2 grandes grupos: isquémicos y hemorrágicos.[5] Como consecuencia de este síndrome los pacientes generalmente quedan con secuelas de paresias y dificultades para la realización de tareas, fundamentalmente de los miembros superiores o en casos más graves un compromiso hemipléjico total de un hemicuerpo.[6,7]

Lesión medular espinal: este síndrome compromete a aquellas enfermedades tanto traumáticas como atraumáticas que provocan un mal funcionamiento de la médula espinal como mensajero de estímulo y respuestas desde el campo receptivo hasta el SN y viceversa, lo cual provoca una alteración en toda la cadena del SS y su actuación; esto afecta en enorme medida la independencia o calidad de vida de quienes lo padecen.[8,9]

Parálisis Cerebral: su primera descripción fue en el año 1862 por William John Litle, quien observó una serie de niños con alteraciones del tono muscular y fue capaz de identificar que esta rigidez espástica –primer nombre que recibió la enfermedad– era una secuela del período de gestación y el nacimiento.[10] Esta enfermedad es la alteración psicosomática más frecuente de las edades tempranas de la vida, ocurre por una injuria directa en el SNC durante el desarrollo lo cual deja la posibilidad abierta de que sea prenatal, perinatal o neonatal temprana.[11] Las principales manifestaciones son en cuanto al movimiento y coordinación motora de la persona –afectación del SS en su porción interoceptiva– que puede estar acompañado o no de trastornos sensitivos o intelectuales.

Las enfermedades antes mencionadas cursan con una combinación de alteraciones del SS que llevan a trastornos motores, los cuales dificultan de manera activa y permanente –en caso de no ser tratadas– la calidad de vida y la independencia de los individuos que las padecen, los autores consideraron estos males por ser los más tratados en la literatura internacional respecto a la rehabilitación con asistencia robótica; aunque no existan establecimientos de especificidades concretas, se hace relevante la mención de una terapéutica que sea posible implementar en estos 3 padecimientos.

Rehabilitación robótica

Las 2 últimas décadas han provisto un acrecentamiento en la rehabilitación de la marcha por las llamadas terapias robóticas, tanto por el avance tecnológico como el aumento de conocimiento referente a neuroplasticidad. Este fenómeno es influenciado por 2 factores fundamentales: la actividad específica orientada a tareas y la repetición mantenida del movimiento. Los sistemas robóticos de reeducación de la marcha han permitido que durante el proceso de rehabilitación, sea posible la repetición en innumerables ocasiones de los ciclos de marcha, los cuales son en su totalidad reproducibles y repetibles, en otras palabras, estos mecanismos automatizados permiten la ejecución de movimietos específicos y con una cuantía importante de repeticiones que facilitan el aprendizaje y plasticidad neuronal. De esta forma el paciente tiene la posibilidad de realizar sus prácticas en un ambiente seguro y bajo los patrones normales de la marcha, lo cual permite evitar que desarrolle patrones anormales o malos hábitos durante el aprendizaje. En un inicio el surgimiento de estas máquinas fue para caminar, con el uso de un tapiz rodante equipado con elementos que realizaban movimientos pasivos de la rodillas y las caderas en el periodo de oscilación de la caminata.[12]

Hasta este momento el número de complejos robotizados dedicados a la medicina rehabilitadora es mínimo, justificado por la dificultad de integración entre el cuerpohumano y la máquina. A pesar de estas complicaciones, estos sistemas se han vuelto populares, debido al auge tecnlógico, los cuales han llegado a establecer prótesis microeléctricas, que permiten la detección de señales a nivel muscular con el objetivo de controlar los miembros mecánicos –exoesqueletos–, para de esta manera potenciar las capacidades del cuerpo humano y de los robots rehabilitadores que asisten a los pacientes durante el entrenamiento.[13]La rehabilitación con el uso de mecanismos robóticos ha supuesto una considerable ventaja, tanto para el paciente que la recibe como para el especialista que la ejerce, dado que al primero le es otorgado un tratamiento más adecuado y

el segundo puede establecer un seguimiento detallado del proceso de recuperación a través de los sensores integrados en esta maquinaria. Sin embargo, existe la dificultad de que al ser sistemas que producen fuerzas considerables en un espectro de movimiento amplio, se hace necesario garantizar una serie de medidas que los hagan totalmente seguros para el usuario. En este punto cobra un papel protagónico la simulación; este paso es el más importante para validar los diseños a través de la forma virtual, lo cual permite agilizar su manufactura, expresa resultados fiables y eficientes y reduce el costo de fabricación.[13]

Rehabilitación robótica en enfermedades del SN

Albornoz Tepán et al[14] describen en su investigación el uso de un sistema mecatrónico que permite la realización de una rehabilitación bilateral en pacientes con antecedentes de haber sufrido un accidente cerebrovascular o con dificultades a la hora de ejercer movimientos en la mano izquierda; esta terapéutica usa el principio de la terapia espejo. A través de un proceso de retroalimentación neuronal basado en la imitación de movimientos biomecánicos de la mano sana –derecha en este caso– hacia la afectada; es un exoesqueleto de 2 sistemas robóticos –uno por cada mano–, y ocurre en 2 tiempos: 1. Se identifica en rango de movimiento de la mano derecha por una medición de la resistencia los sensores *flex* que se ubican en todos ellos; 2. La órtesis activa en la mano izquierda realiza la replicación del movimiento de cada dedo guiado por servomotores que se acoplan a un sistema mecanizado. Esta información ofrecida por la mano sana es transmitida por una placa *Arduino* hacia otra placa *Arduino* en la mano izquierda de forma inalámbrica.

Broche-Vázquez et al[3] diseñaron una interfaz que contiene características y servicios que permite la movilización de articulaciones de forma independiente, ya que se selecciona la articulación, el sentido y los grados de movimientos, así como el control de las repeticiones deseadas y un conteo de las ya realizadas; la interfaz a su vez ofrece también el control de tiempo de cada rutina, guardar rutinas en forma predeterminada para posteriormente ejecutarlas y la posibilidad de escoger entre 2 velocidades para realizar la rutina.

El diseño del sistema de seguridad que se propuso por *Broche-Vázquez et al*[3] contemplaba disimiles alternativas: desde el software se permite el acceso a la detención de manera definitiva de la rutina en ejecución, evita la entrada de desplazamientos angulares que sobrepasen los límites articulares fisiológicos. Este sistema incorpora limitadores de recorrido en cada articulación, este permite quitarle la energía al motor que alimenta el dispositivo de movimiento articular en el momento en que se excedan los valores límites de desplazamiento, obrando de esta forma como una especie de freno de desplazamiento articulas. La plataforma cuenta con un pedal y botón de seguridad que son presionados de manera directa por el paciente o por el especialista a cargo de la rehabilitación, lo que permite la detención inmediata de cualquier rutina en progreso.

En la investigación de *Martínez-Cabrera et al*[10] se demostró que la rehabilitación robótica tuvo un efecto significativo en el dominio cognitivo de pacientes con parálisis cerebral, lo que evidencia que la estimulación motriz que utiliza estas nuevas tecnologías es capaz de mejorar los componentes evaluados mediante la prueba RIAS. A pesar de ser cierto que el entrenamiento asistido por la robótica mejora la marcha, la postura, velocidad y el balance. De esta forma, los resultados recalcan la necesidad de utilizar estos programas rehabilitadores para un mayor impacto en la calidad de vida de los sufridos con esta enfermedad y sus familias.[15,16]

Las razones por las que se establecen diferencias entre los tipos de rehabilitación se debe a que el software que controla al robot calcula las asimetrías de la marcha –las corrige–, aumenta la fuerza de diferentes regiones corporales que mejoran la postura, son programadas sesiones de manera continua que establecen una rutina de marcha –aumenta la actividad física– y le proveen al paciente una mayor consciencia de su anatomía. Se conoce que la actividad física favorece en niños la cognición, incluso en aquellos que poseen trastornos de la atención, por lo cual se traduce que sea efectiva esta rehabilitación en pacientes con parálisis cerebral.[17]

El robot de entrenamiento CPWalker favorece la progresión de pacientes con parálisis cerebral, dado que incrementa el nivel de intensidad y frecuencia de los ejercicios, al mismo tiempo que aumenta la motivación de usuarios, adapta a estos las posibilidades de terapia. Este equipo utiliza maniobras de control innovadoras, lo que permite seleccionar cada articulación por separado y otorgar una frivolidad alta en la definición del tratamiento.[18]

En la investigación del nuevo exoesqueleto Exo H2 para miembros inferiores, se muestra el dispositivo y su correcto funcionamiento, además de la aplicación del mismo en un entorno hospitalario dentro del programa de rehabilitación de los pacientes con lesión medular parcial. Esta fue una experiencia piloto capaz de apreciar los datos de tolerancia del mecanismo en cuanto a dolor, fatiga, comodidad y ausencia de efectos no deseados. Las variables de eficacia tienen una tendencia favorable, aunque el tamaño muestral constituye una limitación para la afirmación de los resultados.[12]

Rehabilitación con realidad virtual y aumentada

La realidad virtual se considera la creación de un entorno computarizado donde el se expande el mundo real de manera tal que se convence al cerebro del usuario de encontrarse en dicho lugar físicamente.

En las terapias que se utiliza realidad virtual, se controlan las extremidades superiores con un sistema

que identifica los movimientos de rastreo de ambos brazos y dedos, el cual es proyectado sobre un avatar. Este método mejora de forma significativa las experiencias cognitiva y afectiva de los usuarios durante la interacción con el ambiente virtual. La complejidad de las tareas a realizar se modifican dinámicamente para que coincidan con la función motora del paciente, un aspecto que es fundamental para el aprendizaje del sistema motor y una correcta rehabilitación.[19]

Todas las terapias que relacionan juegos con la rehabilitación; ejemplo, la rehabilitación de miembros superiores ofrece el Virtual Athletic Club –colección de juegos como, tiro con arco, paddle pong (similar la ping pong) y boxeo virtual o Music Motion–, estos juegos obligan a establecer una sincronía de movimientos del miembro superior con el ritmo de la música. Estas tecnologías también se encuentran en auge en el entorno clínico, por ejemplo, la recreación de los escenarios, en entornos seguros o en entornos cerrados para combatir las fobias.[20,21]

Un modelo de compañía que mercantiliza medios de realidad aumentada para rehabilitación, principalmente en personas de edad avanzada es Kineactiv.[22]

Rehabilitación robótica vs Rehabilitación tradicional

La rehabilitación mediante órtesis robótica supone un adelanto importante en cuanto a la fisioterapia convencional, en todos aquellos estudios donde son comparados ambos métodos; las mejoras se observan principalmente en las características referentes a la velocidad, la distancia que se camina, el control postural y la movilidad de los pacientes. El uso de una órtesis activa permite mostrar que existen discrepancias en cuanto a esta con el uso de la terapia convencional, en los parámetros de función motora gruesa, simetría de la pelvis y la marcha. El estudio con realidad virtual y resistencia, presentan mejores resultados con respecto al tratamiento con asistencia dado que la participación del paciente es más activa. Los equipos robóticos ofrecen el beneficio de un entrenamiento repetitivo de determinados patrones, además de la seguridad que ofrecen y la disminución de la carga de trabajo físico del especialista.[23]

CONCLUSIONES

La rehabilitación robótica en enfermedades neurológicas supone un extraordinario avance, ya que reduce la carga física de los especialistas lo que permite un mayor aprovechamiento de estos y contribuye sustancialmente a la implementación de manera más eficaz e interactiva de las rutinas a realizar por los pacientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Castellanos-Lesmes EH, Compta-Palancar R, Romero-León MA. La terapia robótica en la rehabilitación desde un marco pedagógico. DePorVida. 2020;17(46): 1-10.

2. Ramírez GA. Sistema de exoesqueleto robótico aplicado a la terapia física controlado mediante Bluetooth para la rehabilitación de pacientes. [Trabajo para la obtención del título de Ingeniero en Electrónica] Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, 2020. http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/14315

3. Broche-Vázquez L, Torres-Quezada M, Milanés-Hermosilla D, González-Romero D, Rodríguez-Serrezuela R, Sagaró-Zamora R. Exoesqueleto robótico para la rehabilitación del miembro superior del paciente hemipléjico. Ingeniería Mecánica. 2020; 23(3):e608.

4. Lenis Santiago O. Rehabilitacion de la hemineglígencia, tratamiento combinado de vibración focal y terapia robótica: protocolo de un ensayo clínico piloto aleatorizado. [Trabajo para la obtención del título Máster en Neurorehabilitación] Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona; 2019. https://siidon.guttmann.com/es/registro/rehabilitacion-hemineglígencia-tratamiento-combinado-vibracion-focal-terapia-robotica

5. Torriente Herrera N, Sánchez Savigñón M. La terapia robótica en la rehabilitación del miembro superior afectado en adultos con enfermedad cerebrovascular. Rev Cub Med Fis Rehab. 2023;15(3):e863.

6. Horta GAH, García ZG. Resultados del tratamiento de rehabilitación física en niños con retardo en el desarrollo psicomotor. Interdisciplinary Rehabilitation / Rehabilitacion Interdisciplinaria 2023;3:28-28. https://doi.org/10.56294/ri202328

7. Horta GAH, Miranda GLH, García ZG. Calidad de vida de pacientes con enfermedad de Parkinson que reciben tratamiento rehabilitador. Interdisciplinary Rehabilitation / Rehabilitacion Interdisciplinaria 2023;3:27-27. https://doi.org/10.56294/ri202327

8. Rodríguez-Fernández A, Lobo-Prat J, Font-Llagunes JM. Systematic review on wearable lower-limb

exoskeletons for gait training in neuromuscular impairments. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. 2021; 18(1): 1–21. https://doi.org/10.1186/S12984-021-00815-5

9. Ramos J, Espuela EM, Lora-Millan JS, Castano JA, Borromeo S, Nieto R. Control strategy of a pseudo-stationary gait rehabilitation robot. XLIV Jornadas de Automática. 2023; 95-98. https://doi.org/10.17979/spudc.9788497498609.095

10. Martínez-Cabrera S, Sánchez-Betancourt J, Meza-Amaya A, Avilés-Reyes R, Trillo-Gabaldón RS, Domínguez A. Diferencias entre la rehabilitación tradicional y la robótica sobre funciones cognitivas en pacientes con parálisis cerebral. Divulgare. 2022; 9(18): 1-6.

11. Blair E, Langdon K, McIntyre S, Lawrence D, Watson L. Survival and mortality in cerebral palsy: observations to the sixth decade from a data linkage study of a total population register and National Death Index. BMC neurology. 2019; 19(1): 111. https://doi.org/10.1186/s12883-019-1343-1

12.Gil-Agudoa A, del Ama-Espinosac AJ, Lozano-Berrioc V, Fernández-López A, Megía García-Carpintero A, Benito-Penalva J, et al. Terapia robótica con el exoesqueleto H2 en la rehabilitación de la marcha en pacientes con lesión medular incompleta. Una experiencia clínica. Rehabilitación (Madr). 2020; 54(2): 87-95. https://doi.org/10.1016/j.rh.2019.10.004

13. Nedosseikine D. Modelado cinemático y dinámico de un robot paralelo con arquitectura 3ups-rpu. [Trabajo para la obtención del título de Máster en Ingenieria Industrial] Universidad Politécnica de Valencia, Valencia; 2021. http://m.riunet.upv.es/handle/10251/172609

14. Albornoz X, Flores J, Guamán J, Hwang J, Malla L, Zhindón R, et al. Robotic orthosis for bilateral rehabilitation of left hand for patients with hemiplegia. I+T+C. 2019; Enero – Diciembre: 11-15. https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/5270677

15. Reyes C, Muñoz-Quezada M. Calidad de vida y sobrecarga en cuidadores de escolares con discapacidad intelectual. Interdiscip Rev Psicol y Ciencias Afines. 2019; 1: 36. https://doi.org/ https://doi.org/10.16888/interd.2019.36.1.17

16. Yazıcı M, Livanelioğlu A, Gücüyener K, Tekin L, Sümer E, Yakut Y. Effects of robotic rehabilitation on walking and balance in pediatric patients with hemiparetic cerebral palsy. Gait & posture. 2019; 70: 397–402. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.03.017

17. Bernal-Ruiz F, Rodríguez M, Ortega GA. Estimulación de las funciones ejecutivas y su influencia en el rendimiento académico en escolares de primero básico. Interdisciplinaria. 2020; 37(1): 99–112. https://doi.org/10.16888/interd.2020.37.1.6

18. Bayón Calderón C. Design, Development and Evaluation of a Robotic Platform for Gait Rehabilitation and Training in Patients with Cerebral Palsy. [Tesis doctoral] Universidad Carlos III de Madrid, Madrid; 2019. https://digital.csic.es/handle/10261/167024

19. Cha K, Wang J, Li Y, Shen L, Chen Z, Long J. A novel upper-limb tracking system in a virtual environment for stroke rehabilitation. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. 2021; 18(1): 166. https://doi.org/10.1186/s12984-021-00957-6

20. Carestia DR, Beltran AF, Cerdera F, Sanchez ML, Ibáñez F. Impacto fisiológico de la respiración, en la salud y en el nivel del estrés. Interdisciplinary Rehabilitation / Rehabilitacion Interdisciplinaria 2023;3:46-46. https://doi.org/10.56294/ri202346

21. Contreras-González AF, Pont-Esteban D, Samper-Escudero JL, Cantalejo-Escobar D, Sánchez-Urán M, Ferré Pérez M. (2021). Exoesqueleto híbrido para rehabilitación delas extremidades superiores.Xlii jornadas de automática: libro de actas. 2021: 599-605. https://doi.org/10.17979/spudc.9788497498043.599

22. Oh Y Bin, Kim GW, Han KS, Won YH, Park SH, Seo JH, et al. Efficacy of Virtual Reality Combined With Real Instrument Training for Patients With Stroke: A Randomized Controlled Trial. Arch Phys Med Rehabil. 2019; 100(8): 1400–8.

23. Rodriguez Fernández A. Uso de la robótica y la tecnología en la rehabilitación de la marcha en niños con parálisis cerebral infantil: Revisión narrativa.[Trabajo de Fin de Grado en Fisioterapia] Universidad de Valladolid, Valladolid; 2019. . http://uvadoc.uva.es/handle/10324/38781

FINANCIACIÓN

Los autores no recibieron financiación para el desarrollo de la presente investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Tania Cecibel Cañarte-Rodríguez, Pilar Asunción Soledispa Cañarte, Betty Janeth Soledispa Cañarte, Glenda Marcela Sarmiento Tómala, Leonardo Pablo García Franco.

Curación de datos: Tania Cecibel Cañarte-Rodríguez, Pilar Asunción Soledispa Cañarte, Betty Janeth Soledispa Cañarte, Glenda Marcela Sarmiento Tómala, Leonardo Pablo García Franco.

Análisis formal: Tania Cecibel Cañarte-Rodríguez, Pilar Asunción Soledispa Cañarte, Betty Janeth Soledispa Cañarte, Glenda Marcela Sarmiento Tómala, Leonardo Pablo García Franco.

Adquisición de fondos: Tania Cecibel Cañarte-Rodríguez, Pilar Asunción Soledispa Cañarte, Betty Janeth Soledispa Cañarte, Glenda Marcela Sarmiento Tómala, Leonardo Pablo García Franco.

Investigación: Tania Cecibel Cañarte-Rodríguez, Pilar Asunción Soledispa Cañarte, Betty Janeth Soledispa Cañarte, Glenda Marcela Sarmiento Tómala, Leonardo Pablo García Franco.

Metodología: Tania Cecibel Cañarte-Rodríguez, Pilar Asunción Soledispa Cañarte, Betty Janeth Soledispa Cañarte, Glenda Marcela Sarmiento Tómala, Leonardo Pablo García Franco.

Administración del proyecto: Tania Cecibel Cañarte-Rodríguez, Pilar Asunción Soledispa Cañarte, Betty Janeth Soledispa Cañarte, Glenda Marcela Sarmiento Tómala, Leonardo Pablo García Franco.

Recursos: Tania Cecibel Cañarte-Rodríguez, Pilar Asunción Soledispa Cañarte, Betty Janeth Soledispa Cañarte, Glenda Marcela Sarmiento Tómala, Leonardo Pablo García Franco.

Programas informáticos: Tania Cecibel Cañarte-Rodríguez, Pilar Asunción Soledispa Cañarte, Betty Janeth Soledispa Cañarte, Glenda Marcela Sarmiento Tómala, Leonardo Pablo García Franco.

Supervisión: Tania Cecibel Cañarte-Rodríguez, Pilar Asunción Soledispa Cañarte, Betty Janeth Soledispa Cañarte, Glenda Marcela Sarmiento Tómala, Leonardo Pablo García Franco.

Validación: Tania Cecibel Cañarte-Rodríguez, Pilar Asunción Soledispa Cañarte, Betty Janeth Soledispa Cañarte, Glenda Marcela Sarmiento Tómala, Leonardo Pablo García Franco.

Visualización: Tania Cecibel Cañarte-Rodríguez, Pilar Asunción Soledispa Cañarte, Betty Janeth Soledispa Cañarte, Glenda Marcela Sarmiento Tómala, Leonardo Pablo García Franco.

Redacción - Borrador original: Tania Cecibel Cañarte-Rodríguez, Pilar Asunción Soledispa Cañarte, Betty Janeth Soledispa Cañarte, Glenda Marcela Sarmiento Tómala, Leonardo Pablo García Franco.

Redacción - Revisión y edición: Tania Cecibel Cañarte-Rodríguez, Pilar Asunción Soledispa Cañarte, Betty Janeth Soledispa Cañarte, Glenda Marcela Sarmiento Tómala, Leonardo Pablo García Franco.