



REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Implementation of technological devices used by occupational therapists in upper extremity rehabilitation after a stroke

Implementación de dispositivos tecnológicos usados por terapeutas ocupacionales en la rehabilitación de extremidad superior posterior a un accidente cerebrovascular

Paola Ruiz-Sáez¹  , Lorena Velásquez-Oberreuter¹  , Nicole Torres Zúñiga^{1,2}  , Michelle Lapierre Acevedo¹  

¹Universidad Santo Tomás. Facultad de Salud, Escuela de Terapia Ocupacional. Temuco, Chile.

²Hospital Hernán Henríquez Aravena. Servicio de Medicina Física y Rehabilitación. Temuco, Chile.

Citar como: Ruiz-Sáez P, Velásquez-Oberreuter L, Torres-Zúñiga N, Lapierre-Acevedo M. Implementation of technological devices used by occupational therapists in upper extremity rehabilitation after a stroke. Salud, Ciencia y Tecnología 2023; 3:694. <https://doi.org/10.56294/saludcyt2023694>.

Recibido: 30-08-2023

Revisado: 24-10-2023

Aceptado: 08-12-2023

Publicado: 09-12-2023

Editor: Dr. William Castillo-González 

ABSTRACT

Rehabilitation with exoskeletons in people with acquired brain injury is a topic of interest for researchers, since these robotic devices seek to recover the sensorimotor sequelae caused by the injury and improve the performance of the injured patient in activities of daily living. The objective of this study was to identify the contributions provided by the implementation of exoskeleton devices used by occupational therapy in the rehabilitation of upper limb in patients with stroke sequelae. The method used was a narrative review, with search strategies in the following databases: Scopus, Science Direct, Google Scholar and Pubmed. Published papers in English, Spanish and Portuguese were considered, with key words in the titles and/or ABSTRACTS. A total of 578 papers were identified and 7 were those that met the criteria for inclusion in this research. The results showed that exoskeleton-type devices enhance conventional rehabilitation, with glove-type exoskeletons, assisted limb and brain-computer interface powered exoskeletons standing out in this process. These, when incorporated by occupational therapists in rehabilitation, have shown to generate improvements in motor functionality and manipulative dexterity, which have been evidenced in both acute and chronic stages, generating an increase in the performance of users in carrying out their activities of daily living.

Keywords: Exoskeleton; Occupational Therapy; Stroke; Brain-Computer Interface; Assistive Technologies.

RESUMEN

La rehabilitación con exoesqueletos en personas con daño cerebral adquirido es un tema de interés para los investigadores, ya que estos dispositivos robóticos buscan recuperar las secuelas sensoriomotrices causadas por la lesión y mejorar el desempeño del paciente secuelado en las actividades de la vida diaria. El objetivo de este estudio fue identificar los aportes que brinda la implementación de dispositivos exoesqueletos utilizados por la terapia ocupacional, en la rehabilitación de miembro superior en pacientes secuelados de accidente cerebrovascular. El método utilizado fue una revisión narrativa, con estrategias de búsqueda en las bases de datos: Scopus, Science Direct, Google Scholar y Pubmed. Se consideraron artículos publicados en inglés, español y portugués, con palabras claves en los títulos y/o resúmenes. Se identificaron 578 artículos y 7 fueron los que cumplieron los criterios para incluirse en esta investigación.

Los resultados arrojaron que los dispositivos de tipo exoesqueleto potencian la rehabilitación convencional destacándose en este proceso los exoesqueletos de tipo guante, extremidad asistida y accionados mediante

interfaz cerebro-computadora. Estos al ser incorporados por los terapeutas ocupacionales en la rehabilitación han demostrado generar mejoras en la funcionalidad motora y destreza manipulativa, las que se han evidenciado tanto en etapa aguda como crónica, generando un aumento en el desempeño de los usuarios en la realización de sus actividades de la vida diaria.

Palabras clave: Exoesqueleto; Terapia Ocupacional; Accidente Cerebrovascular; Interfaz Cerebro-Computadora; Tecnologías Asistivas.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años el desarrollo de sistemas mecatrónicos para el apoyo a la rehabilitación ha tenido un incremento considerable en el mercado, en el que se pueden encontrar diversas opciones de dispositivos para distintas partes del cuerpo.⁽¹⁾ Dentro de estos sistemas mecatrónicos para la rehabilitación se encuentran los exoesqueletos, los cuales son dispositivos que permiten adaptar un robot manipulador a una extremidad del cuerpo, con la finalidad de llevar a cabo procesos terapéuticos en los cuales se le brindará al paciente el soporte necesario durante una rutina de rehabilitación determinada.⁽²⁾

Los dispositivos robóticos para la rehabilitación de miembro superior son de gran importancia, ya que dentro de las dificultades posteriores de un accidente cerebro vascular (ACV) podemos apreciar que la disfunción física es una de las más cruciales, en particular la deficiencia física en la extremidad superior. Esto se debe a que los usuarios secueledos presentan dificultades a nivel sensoriomotor, lo que afecta directamente la destreza manipulativa y disminuye la participación de los pacientes secueledos en actividades de la vida diaria (AVD), impactando en el desempeño.

Los terapeutas ocupacionales forman parte del equipo de rehabilitación posterior al ACV, y la rehabilitación de terapia ocupacional a menudo se utiliza para remediar o restaurar la función de las extremidades afectadas.⁽³⁾ Desde que los terapeutas han llevado a la práctica el uso de robots en los procesos de rehabilitación se ha marcado un precedente en las terapias otorgadas post ACV, ya que la rehabilitación clásica está limitada por la observación subjetiva de los terapeutas y los pacientes, sin embargo, la utilización de dispositivos robóticos para rehabilitación permite cuantificar con precisión los progresos realizados por los pacientes.⁽⁴⁾

Debido a las dificultades que se evidencian en el desempeño de pacientes secueledos de ACV por la presencia de alteraciones sensoriomotrices en el miembro superior, se vuelve indispensable comenzar la rehabilitación lo más pronto posible posterior al evento. Los dispositivos de tipo exoesqueleto pueden tener un rol fundamental en los procesos de rehabilitación, ya que prometen ser herramientas beneficiosas en la recuperación sensoriomotriz de la extremidad afectada.

Los exoesqueletos se han desarrollado hace más de 30 años, utilizándose en sus inicios para uso industrial, y evolucionando hasta la actualidad con una gran diversidad, desde aquellos que simulan un cuerpo humano completo hasta aquellos que realizan una única acción.⁽⁵⁾ Hoy en día, los exoesqueletos se pueden encontrar en diversas áreas, incluyendo el campo médico y la rehabilitación.⁽⁶⁾

Los exoesqueletos forman parte de la robótica para la rehabilitación intrahospitalaria. Entenderemos la robótica como la ciencia que combina la mecánica, electrónica, informática y artificial. Adicionalmente, esta área de conocimiento se especializa en la creación de tecnologías de asistencia para pacientes con enfermedades neurológicas.⁽⁷⁾

Muchas de las alteraciones motoras que se trabajan con los exoesqueletos son secuelas de accidentes cerebrovasculares, los que se producen mayormente por una obstrucción que impide que la sangre fluya hacia el corazón o el cerebro.⁽⁸⁾ Son una de las principales causas de discapacidad y se considera una de las enfermedades que provoca más años de vida saludables perdidos.⁽⁹⁾

La neurociencia ha demostrado cómo los ejercicios físicos basados en movimientos voluntarios son capaces de producir resultados clínicos significativos en la recuperación motora después de sufrir un ACV⁽¹⁰⁾, y la neurorrehabilitación ha evidenciado que los exoesqueletos aumentan las capacidades humanas, incrementando la fuerza y la resistencia de los usuarios, lo que les permite realizar tareas que no pueden realizar eficientemente por sí mismos. Los exoesqueletos identifican la intención del usuario y mediante la transmisión de potencia mecánica le ayudan a mejorar algún aspecto específico de una tarea.⁽¹¹⁾

Las secuelas de las enfermedades cardiovasculares tienen un gran impacto en las AVD de una persona e implica una carga para las familias de los sobrevivientes y para la sociedad en general.⁽¹²⁾ La escasez de trabajadores de rehabilitación, así como la mala distribución y los problemas de calidad plantean una barrera importante para que las personas accedan oportunamente a la atención que necesitan,⁽¹³⁾ por lo que la rehabilitación con exoesqueletos para recuperar la función motora de pacientes con daño cerebral adquirido es un tema cada vez más relevante para los investigadores, ya que por los exoesqueletos pueden ser herramientas que ayuden a derribar la barrera de la atención precaria.

La terapia ocupacional es fundamental para el proceso de rehabilitación del ACV, ya que busca potenciar

el desempeño del usuario en las AVD tanto básicas como instrumentales, buscando el mayor grado de autonomía posible. Los terapeutas ocupacionales en sus intervenciones incluyen las tecnologías asistivas para la recuperación del déficit motor, ya que el objetivo de estos sistemas es crear interacciones con los usuarios para rehabilitarlos y que eventualmente puedan funcionar sin el dispositivo.⁽¹⁴⁾

A pesar de que los exoesqueletos son muy útiles en la rehabilitación, es necesario considerar que cada exoesqueleto tiene sus ventajas, y del mismo modo también sus contras,⁽¹⁵⁾ por lo que ingenieros en mecánica y biomédicos están de acuerdo en que es necesaria la intervención de la terapia ocupacional en el proceso de creación de exoesqueletos para potenciar la funcionalidad de los diseños en los pacientes.⁽¹⁶⁾

Los exoesqueletos son dispositivos que en conjunto a la terapia ocupacional potencian la rehabilitación del usuario post accidente cerebrovascular, sin embargo, al comienzo de este proceso se debe tener en cuenta factores como la edad del usuario, la etapa en la que se encuentra el ACV, factores ambientales y sociales y los tipos de exoesqueletos disponibles, esto con el objetivo de que el proceso de rehabilitación se lleve a cabo de la manera óptima posible.

MÉTODOS

El diseño es de tipo documental de tipo revisión narrativa. La población de estudio fueron todas aquellas personas que sufrieron un accidente cerebro vascular y que al momento del evento tuvieran 18 años o más. La muestra estuvo compuesta por artículos de bases de datos publicados en inglés, español y portugués, y que trataran sobre la efectividad o resultados del uso de exoesqueletos en la rehabilitación de los accidentes cerebrovasculares realizada por terapeutas ocupacionales. Los objetivos de la investigación fueron:

- 1) identificar cómo favorecen los dispositivos de tipo exoesqueleto el desempeño de las AVD en pacientes secueados de ACV
- 2) identificar los dispositivos con mejores resultados para realizar AVD en pacientes secueados de ACV
- 3) identificar en qué estadio del ACV se evidencia mejor desempeño en AVD usando dispositivos tecnológicos de tipo exoesqueleto

Se analizaron textos de cuatro bases de datos: Pubmed, Google académico, Scopus y Science Direct. De estas bases se obtuvieron documentos los cuales pasaron por un proceso de filtro siguiendo las directrices PRISMA, cuyos resultados fueron esquematizados y detallados en la figura 1. Se utilizaron las siguientes palabras claves; Stroke AND Exoskeleton AND Occupational therapy, y se incluyeron artículos con hasta 10 años de antigüedad.

Todos los artículos que incluyeron experimentación en sujetos humanos debían contar con aprobaciones de un comité de ética o con la aplicación de un consentimiento informado. La muestra de artículos incluidos está detallada en la tabla 1.

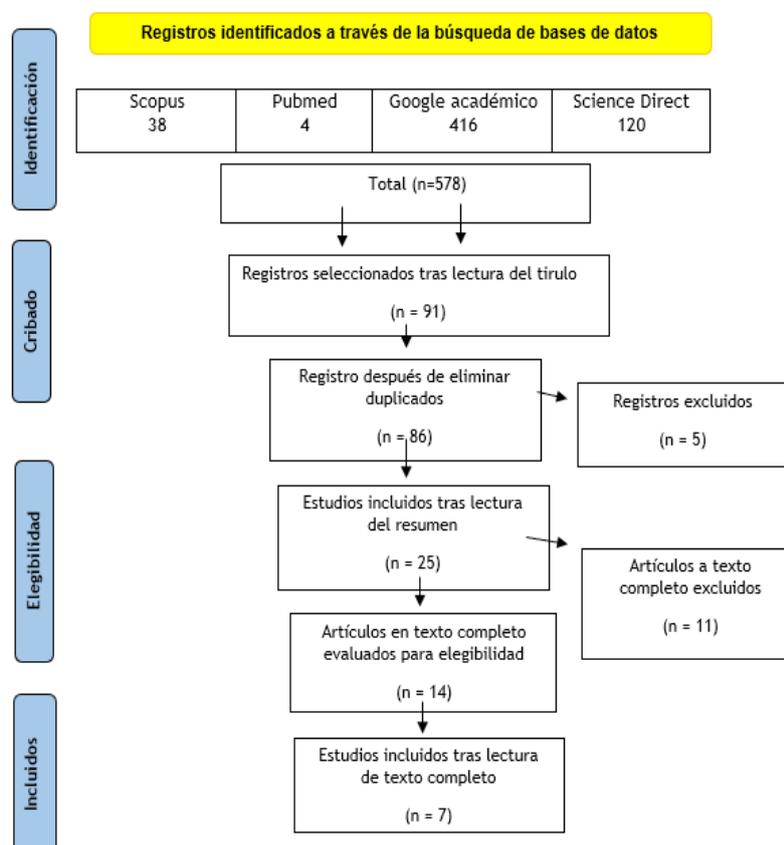


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA

Tabla 1. Artículos seleccionados que conforman la muestra

No.	Título	Autores
1	Combination of Exoskeletal Upper Limb Robot and Occupational Therapy Improve Activities of Daily Living Function in Acute Stroke Patients	(Iwamoto et al., 2019) ⁽¹⁷⁾
2	Robot training for hand motor recovery in subacute stroke patients: A randomized controlled trial	(Orihuela-Espina et al., 2016) ⁽¹⁸⁾
3	Post-stroke Rehabilitation of Severe Upper Limb Paresis in Germany - Toward Long-Term Treatment With Brain-Computer Interfaces	(Angerhöfer et al., 2021) ⁽¹⁹⁾
4	Brain-computer interface combined with mental practice and occupational therapy enhances upper limb motor recovery, activities of daily living, and participation in subacute stroke	(Zanona et al., 2023) ⁽²⁰⁾
5	Robot-Assisted Therapy for Upper Extremity Motor Impairment After Stroke.	(Chang y Kim, 2013) ⁽²¹⁾
6	Haptic Glove Systems in Combination with Semi-Immersive Virtual Reality for Upper Extremity Motor Rehabilitation after Stroke.	(Fernández-Vázquez et al., 2022) ⁽²²⁾
7	Review of the effects of soft robotic gloves for activity-based rehabilitation in individuals with reduced hand function and manual dexterity following a neurological event	(Proulx et al., 2020) ⁽²³⁾

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En relación con el primer objetivo, sobre las AVD que más se benefician del uso de exoesqueletos en pacientes secueledos de ACV, los resultados muestran un efecto positivo en la recuperación de la hemiplejia/hemiparesia de la extremidad superior y la destreza manipulativa de la mano afectada. La funcionalidad sensorio motora adquirida favorece el desempeño del usuario en todas sus AVD, la función motora recuperada con el uso de exoesqueletos en la rehabilitación del usuario facilita la autonomía del paciente y entrega un mayor grado de satisfacción con la rehabilitación. Li et al.⁽²⁴⁾ mencionan que los exoesqueletos en la rehabilitación recopilan información de los patrones de movimiento, velocidad y alcance de la extremidad afectada durante el entrenamiento funcional para presentar situaciones más precisas y reales con diferentes propósitos, adecuándose a la necesidad de cada caso, lo que aumenta el efecto del tratamiento y mejora la capacidad del paciente en la realización de sus AVD. Arias et al.⁽²⁵⁾ refiere que en la rehabilitación con exoesqueletos se pueden ejecutar actividades que simulen los movimientos realizados en el desempeño de algunas actividades de la vida diaria, esta dinámica ha demostrado tener una alta funcionalidad asociada al agarre de objetos utilizado en las AVD de diferente peso y tamaño, incrementando y facilitando durante el agarre tanto la fuerza como la precisión, para lograr un acto motor necesario. Martínez⁽²⁶⁾ plantea que al incluir estos dispositivos en la rehabilitación se potencian las ganancias funcionales en las actividades de la vida diaria lo que motiva al paciente y permite que este participe de manera activa del proceso de rehabilitación. Cardona et al.⁽²⁷⁾ reconocen que los exoesqueletos buscan optimizar y complementar la rehabilitación de pacientes facilitando mejorar la calidad de vida de estos, mediante el potencial de acción en la rehabilitación.

En relación con el segundo objetivo, sobre cuáles son los dispositivos con mejores resultados para realizar AVD en pacientes secueledos de ACV, los exoesqueletos de tipo guantes, tales como extremidad asistida y accionados mediante interfaz cerebro-computadora mostraron buenos resultados, ya que se evidenció que el movimiento que estos estimula la neuroplasticidad, recuperando la función motora de la extremidad afectada, demostrándose cómo mejoraron el desempeño en todas las AVD. Esto coincide con las investigaciones de Chen et al.⁽²⁸⁾ quienes mencionan que la rehabilitación asistida por robot de tipo exoesqueleto es altamente repetitiva, intensiva y específica de tareas con retroalimentación, lo que mejora la fuerza muscular del brazo y el deterioro motor de las extremidades superiores obteniendo un mejor desempeño ocupacional del paciente secueleado. Cerasa et al.⁽²⁹⁾ refieren que debido a que la rehabilitación con exoesqueletos proporciona un tratamiento intensivo y frecuente, se ha logrado evidenciar que este enfoque tiene un mayor efecto en la recuperación motora de la extremidad afectada con respecto a la terapia convencional, por lo que esta complementada con el uso de exoesqueleto aumentaría los efectos positivos en la recuperación motora del paciente. Alfonso Mantilla et al.⁽⁷⁾ mencionan que los exoesqueletos robóticos son herramientas que han demostrado ser efectivas y tienen altos índices de confiabilidad en pacientes secueledos de ACV, ya que favorece la plasticidad neuronal permitiendo la recuperación motora, la activación de sistemas sensoriales e incrementan la funcionalidad del usuario. Greco et al.⁽³⁰⁾ reafirman lo antes señalado mencionando que los dispositivos robóticos de rehabilitación ayudan a los pacientes a ganar rango de movimiento y fuerza en las extremidades superiores post accidente cerebro vascular.

En relación con el tercer objetivo, referido a en cuál estadio del ACV se evidencia mayor desempeño en AVD

usando dispositivos tecnológicos de tipo exoesqueleto, se pudo evidenciar que estos dispositivos obtuvieron resultados satisfactorios en la rehabilitación de personas con hemiparesia severa y deterioro motor grave, favoreciendo el desempeño de AVD tanto en etapa aguda (2 semanas post ACV) como crónica (posterior a los 6 meses). Esto coincide con Li et al.⁽²⁴⁾, quienes mencionan que los exoesqueletos otorgan beneficios en diferentes etapas de la rehabilitación, ya que pueden realizar movimientos pasivos y repetitivos, los que son necesarios en el tratamiento en etapa aguda; y ser progresivos para que en etapas posteriores del ACV el paciente logre incrementar fuerza y resistencia en la extremidad afectada, lo que demuestra una mejora significativa en la función motora.

Girges et al.⁽³¹⁾ refieren que la retroalimentación que generan los exoesqueletos accionados por interfaz cerebro-computadora en la extremidad donde existe una ausencia de movimiento, puede mejorar la plasticidad al reforzar aspectos sensoriales del circuito sensorio motor en pacientes con ACV crónico. Pignolo et al.⁽³²⁾ también reafirman este punto ya que, aseguran que los pacientes que reciben rehabilitación con exoesqueleto con un mayor tiempo transcurrido desde el evento (ACV) obtienen mayores ganancias en la función motora de la extremidad afectada. Colucci et al.⁽³³⁾ comentan que además de usarse como un dispositivo de asistencia se ha demostrado que si los exoesqueletos son reutilizables durante un período de semanas pueden desencadenar la recuperación motora, incluso en la hemiplejía crónica. Terranova et al.⁽³⁴⁾ reafirman que incluso en la fase crónica del accidente cerebrovascular los exoesqueletos benefician a los pacientes con accidente cerebrovascular al mejorar la función motora y otros aspectos relacionados con la recuperación, como la fuerza, la espasticidad y la independencia.

CONCLUSIONES

A lo largo de esta revisión se identificó que los dispositivos tecnológicos de tipo exoesqueleto en la actualidad han sido ampliamente utilizados, y que la efectividad de estos ha sido motivo de estudio para diversos investigadores que han podido confirmar que los exoesqueletos son herramientas que complementan y mejoran el proceso de rehabilitación de pacientes secueledos de ACV.

Esta investigación ha mostrado que los exoesqueletos de tipo guante, extremidad asistida y accionados mediante interfaz cerebro-computadora (BCI) son los que han logrado generar los mejores resultados en la funcionalidad motora y destreza manipulativa de la extremidad afectada, evidenciando un desempeño positivo en la realización de las AVD, tanto en fase aguda como crónica, lo que entrega al usuario un mayor grado de autonomía y satisfacción con el proceso de rehabilitación. Y los resultados de esta investigación han revelado que la terapia ocupacional complementada con dispositivos tecnológicos ha demostrado ser más efectiva para el desempeño de actividades básicas de la vida diaria.

Los dispositivos tecnológicos de tipo exoesqueletos son herramientas que potencian el desempeño en las actividades de la vida diaria básicas en pacientes secueledos de ACV, sin embargo, investigaciones futuras enfocadas al desempeño del usuario en actividades instrumentales de la vida diaria con intervención de estos dispositivos tecnológicos pueden ser beneficiosas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. De La Cruz-Sánchez BA, Arias-Montiel M, Lugo-González E. Diseño y Construcción de un Prototipo de Exoesqueleto para Rehabilitación de Mano. *Memorias del Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica Internet*; 2018 Oct 18-20; Sociedad Mexicana de Ingeniería Biomédica, Mexico City, Mexico. D.F (MEX): Sociedad Mexicana de Ingeniería Biomédica, 2018;5(1). p. 398-401. <http://memoriascnib.mx/index.php/memorias/article/view/596>
2. Diaz Suárez RA, Moreno Moreno LT, Sanjuan Vargas MA, Prada Garcia CA, Torres LD. Development of an exoskeleton for the rehabilitation of the flexo-extensor movement of the elbow. *ITECKNE*. 2021;18(1):46-51. <https://doi.org/10.15332/iteckne.v18i1.2539>
3. He P, Kantu NT, Xu B, Swami CP, Saleem GT, Kang J. A Novel 3-RRR Spherical Parallel Instrument for Daily Living Emulation (SPINDLE) for Functional Rehabilitation of Patients with Stroke. *International Journal of Advanced Robotic Systems*. 2021;18(3). <https://doi.org/10.1177/17298814211012325>
4. Císnal A, Lobo V, Moreno V, Fraile JC, Alonso R, Turiel JP. Robhand, un exoesqueleto de mano para la rehabilitación neuromotora aplicando terapias activas y pasivas. *Actas de las XXXIX Jornadas de Automática Internet*; Comité Español de Automática, Bajadoz, Spain. Extremadura (SP): Comité Español de Automática, 2018. p. 34-41. <https://doi.org/10.17979/spudc.9788497497565.0034>
5. Gonzalez-Argote J. Uso de la realidad virtual en la rehabilitación. *Interdisciplinary Rehabilitation / Rehabilitacion Interdisciplinaria* 2022;2:24-24. <https://doi.org/10.56294/ri202224>

6. Du Plessis T, Djouani K, Oosthuizen C. A Review of Active Hand Exoskeletons for Rehabilitation and Assistance. *Robotics*. 2021;10(1):1-42. <https://doi.org/10.3390/robotics10010040>
7. Alfonso Mantilla JI, Martínez Santa J. Tecnología de asistencia: exoesqueletos robóticos en rehabilitación. *Movimiento Científico*. 2017;10(2):83-90. <https://doi.org/10.33881/2011-7191.mct.10207>
8. Organización Mundial de la Salud Internet]. Enfermedades cardiovasculares, 17 de mayo de 2017 citado el 22 de mayo de 2023]. Disponible en: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))
9. Organización Mundial de la Salud Internet]. La OMS revela las principales causas de muerte y discapacidad en el mundo: 2000-2019, 9 de diciembre de 2020 citado en Mayo 27 de 2023]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/noticias/9-12-2020-oms-revela-principales-causas-muerte-discapacidad-mundo-2000-2019>
10. Castaño CM, Peñaranda YP, Bernal MYP, y Ruíz JC. Aplicación de la terapia robótica para el tratamiento de la mano espástica del adulto con hemiplejía. Artículo de revisión. *Rev Mex Med Fis Rehab*. 2015;27(3-4):80-85. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=66401>
11. Ibarra Moyers LM. Entrevista con Jacques Laeuffer. *Gaiabit Internet*]. 29 de marzo de 2023 citado el 16 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://gaiabit.com/entrevista-con-jacques-laeuffer/>
12. Ferro YE, Trujillo DM, Llibre JJ. Prevalencia y asociaciones de riesgo del deterioro cognitivo leve en personas mayores de una comunidad. *Interdisciplinary Rehabilitation / Rehabilitacion Interdisciplinaria* 2022;2:12-12. <https://doi.org/10.56294/ri202212>
13. Organización Panamericana de Salud Internet]. Marco de competencias en rehabilitación de la OMS, 26 de marzo de 2021 citado el 2 de junio de 2023]. Disponible en: www.paho.org/es/temas/rehabilitacion
14. Lee H, Ferguson PW, Rosen J. Lower Limb Exoskeleton Systems—Overview. En: Rosen J, Ferguson PW, editors. *Wearable Robotics*. Academic Press; 2020. p. 207-229. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814659-0.00011-4>
15. Montesino DC, Reguera IP, Fernández OR, Relova MR, Valladares WC. Caracterización clínica y epidemiológicamente de la discapacidad en la población adulta mayor. *Interdisciplinary Rehabilitation / Rehabilitacion Interdisciplinaria* 2022;2:15-15. <https://doi.org/10.56294/ri202215>
16. Pérez Medina Y, López Mejía V. Intervención del Terapeuta Ocupacional sobre el conocimiento del movimiento funcional de un exoesqueleto para miembro superior diseñado por el área de ingeniería de MicrobotiX. Tesis en Internet]. Ciudad de México (MEX): Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma del Estado de México; 2013. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/14143>
17. Iwamoto Y, Imura T, Suzukawa T, Fukuyama H, Ishii T, Taki S, et al. Combination of Exoskeletal Upper Limb Robot and Occupational Therapy Improve Activities of Daily Living Function in Acute Stroke Patients. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*. 2019;28(7): 2018-2025. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2019.03.006>
18. Orihuela-Espina F, Roldán GF, Sánchez-Villavicencio I, Palafox L, Leder R, Sucar LE, et al. Robot training for hand motor recovery in subacute stroke patients: A randomized controlled trial. *Journal of Hand Therapy*. 2016;29(1):51-57. <https://doi.org/10.1016/j.jht.2015.11.006>
19. Angerhöfer C, Colucci A, Vermehren M, Hömberg V, Soekadar SR. Post-stroke Rehabilitation of Severe Upper Limb Paresis in Germany - Toward Long-Term Treatment With Brain-Computer Interfaces. *Frontiers in Neurology*. 2021;12:1-7. <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.772199>
20. Zanona, A. D. F., Piscitelli, D., Seixas, V. M., Scipioni, K. R. D. D. S., Bastos, M. S. C., De Sá, L. C. K., Monte-Silva, K., Bolivar, M., Solnik, S., y De Souza, R. F. (2023). Brain-computer interface combined with mental practice and occupational therapy enhances upper limb motor recovery, activities of daily living, and participation in subacute stroke. *Frontiers in Neurology*.13:1041978 <https://doi.org/10.3389/>

fneur.2022.1041978

21. Chang WH, Kim YH. Robot-assisted Therapy in Stroke Rehabilitation. *Journal of Stroke*. 2013;15(3):174-181. <https://doi.org/10.5853/jos.2013.15.3.174>

22. Inastrilla CRA. Big Data in Health Information Systems. *Seminars in Medical Writing and Education* 2022;1:6-6. <https://doi.org/10.56294/mw20226>

23. Proulx CE, Beaulac M, David M, Deguire C, Haché C, Klug F, et al. Review of the effects of soft robotic gloves for activity-based rehabilitation in individuals with reduced hand function and manual dexterity following a neurological event. *Journal of Rehabilitation and Assistive Technologies Engineering*. 2020:7. <https://doi.org/10.1177/2055668320918130>

24. Li W, Xu D. Application of intelligent rehabilitation equipment in occupational therapy for enhancing upper limb function of patients in the whole phase of stroke. *Medicine in Novel Technology and Devices*. 2021;12:1-8. <https://doi.org/10.1016/j.medntd.2021.100097>

25. Arias Muñoz VP. Evaluación de funcionalidad de un exoesqueleto de mano en usuarios sanos Tesis en Internet]. Bogotá (COL): Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito; 2021. <https://repositorio.esuelaing.edu.co/handle/001/1523>

26. Martínez LJ. Efectividad de los exoesqueletos para rehabilitación en extremidad superior en pacientes post-ACV. Tesis en Internet]. Illes Balears (SP): Universitat de les Illes Balears]; 2019. <https://dspace.uib.es/xmlui/handle/11201/153254>

27. Cardona MAC, Spitia FR, López AB. Exoesqueletos para potenciar las capacidades humanas y apoyar la rehabilitación. *Revista Ingeniería Biomédica*. 2010;4(7):63-73. <https://doi.org/10.24050/19099762.n7.2010.88>

28. Chen Z, Xia N, He C, Gu M, Xu J, Han X, et al. (2021). Action observation treatment-based exoskeleton (AOT-EXO) for upper extremity after stroke: Study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2021;22(222). <https://doi.org/10.1186/s13063-021-05176-x>

29. Cerasa A, Pignolo L, Gramigna V., Serra S, Olivadese G, Rocca F, et al. Exoskeleton-Robot Assisted Therapy in Stroke Patients: A Lesion Mapping Study. *Frontiers in Neuroinformatics*. 2018;12(44). <https://doi.org/10.3389/fninf.2018.00044>

30. Greco C, Weerakkody TH, Cichella V, Pagnotta L, Lamuta C. Lightweight Bioinspired Exoskeleton for Wrist Rehabilitation Powered by Twisted and Coiled Artificial Muscles. *Robotics*. 2023;12(1). <https://doi.org/10.3390/robotics12010027>

31. Girges C, Vijiaratnam N, Zrinzo L, Ekanayake J, Foltynie T. (Volitional Control of Brain Motor Activity and Its Therapeutic Potential. *Neuromodulation: Technology at the Neural Interface*. 2022;25(8):1187-1196. <https://doi.org/10.1016/j.neurom.2022.01.007>

32. Pignolo L, Servidio, R., Basta, G., Carozzo, S., Tonin, P., Calabrò, R. S., y Cerasa, A. The Route of Motor Recovery in Stroke Patients Driven by Exoskeleton-Robot-Assisted Therapy: A Path-Analysis. *Medical Sciences*. 2021;9(4),1-10. <https://doi.org/10.3390/medsci9040064>

33. Colucci A, Vermehren M, Cavallo A, Angerhöfer C, Peekhaus N, Zollo L, et al. Brain-Computer Interface-Controlled Exoskeletons in Clinical Neurorehabilitation: Ready or Not? *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2022;36(12):747-756. <https://doi.org/10.1177/15459683221138751>

34. Inastrilla CRA. Data Visualization in the Information Society. *Seminars in Medical Writing and Education* 2023;2:25-25. <https://doi.org/10.56294/mw202325>

35. Terranova TT, Simis M, Santos ACA, Alfieri FM, Imamura M, Fregni F, et al. Robot-Assisted Therapy and Constraint-Induced Movement Therapy for Motor Recovery in Stroke: Results From a Randomized Clinical Trial. *Frontiers in Neuroinformatics*. 2021;15:1-9 <https://doi.org/10.3389/fnbot.2021.684019>

FINANCIACIÓN

Ninguna.

CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Paola Ruiz-Sáez, Lorena Velásquez-Oberreuter, Nicole Torres Zúñiga, Michelle Lapierre Acevedo.

Curación de datos: Paola Ruiz-Sáez, Lorena Velásquez-Oberreuter, Nicole Torres Zúñiga, Michelle Lapierre Acevedo.

Análisis formal: Paola Ruiz-Sáez, Lorena Velásquez-Oberreuter, Nicole Torres Zúñiga, Michelle Lapierre Acevedo.

Investigación: Paola Ruiz-Sáez, Lorena Velásquez-Oberreuter, Nicole Torres Zúñiga, Michelle Lapierre Acevedo.

Supervisión: Paola Ruiz-Sáez, Lorena Velásquez-Oberreuter, Nicole Torres Zúñiga, Michelle Lapierre Acevedo.

Redacción - borrador original: Paola Ruiz-Sáez, Lorena Velásquez-Oberreuter, Nicole Torres Zúñiga, Michelle Lapierre Acevedo.

Redacción - revisión y edición: Paola Ruiz-Sáez, Lorena Velásquez-Oberreuter, Nicole Torres Zúñiga, Michelle Lapierre Acevedo.