

Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), noviembre-diciembre 2024,
Volumen 8, Número 6.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6

USO DE EXOESQUELETO EN LA MANO DERECHA: ESTUDIO PILOTO

**USE OF EXOSKELETON ON THE RIGHT HAND:
PILOT STUDY**

Felipe de Jesús Cabrera González

Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, México

Karina Itzel Hernández López

Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, México

Salomé Márquez Silva

Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, México

Uso de Exoesqueleto en la Mano Derecha: Estudio Piloto

Felipe de Jesús Cabrera González¹

felipe.cabrera@utxicotepec.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0007-2872-0316>

Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez
México

Karina Itzel Hernández López

karina.hernandez@utxicotepec.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0009-3131-6415>

Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez
México

Salomé Márquez Silva

salome.marquez@utxicotepec.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-4901-9290>

Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez
México

RESUMEN

Antecedente y objetivo: Las lesiones en la extremidad superior son un problema ocupacional en el ser humano, en donde la mano es de vital importancia para el desempeño en las actividades de la vida diaria. Con el objetivo de conocer las investigaciones realizadas de los exoesqueletos en rehabilitación de la mano, que contribuyan en su función de agarre. **Material y Métodos:** consistió en una revisión bibliográfica, consultando las principales bases de datos como: Dialnet, Redalyc, PubMed, Google Académico y Scielo; incluyendo en el artículo un total de 14 trabajos que abordan el tema, que muestran una metodología experimental y en estudio piloto. **Resultados:** el 57% de los trabajos arrojaron que el uso de exoesqueletos en la rehabilitación es efectivo para el abordaje terapéutico, en pacientes con secuela de evento cerebrovascular, en 2 artículos se menciona que no existen efectos adversos significativos en el aumento del dolor, por lo que se consideran una opción óptima para no alterar la frecuencia cardíaca o la fatiga muscular en pacientes con algún tipo de lesión neurológica u ortopédica. **Conclusiones:** Las investigaciones de los exoesqueletos evidencian los beneficios de sus funciones, con impacto en la recuperación de secuelas neurológicas y ortopédicas como coadyuvante en el tratamiento rehabilitador fisioterapéutico.

Palabras clave: exoesqueletos, mano, estudio piloto

¹ Autor principal

Correspondencia: felipe.cabrera@utxicotepec.edu.mx

Use of Exoskeleton on the Right Hand: Pilot Study

ABSTRACT

Background and objective: Injuries to the upper extremity are an occupational problem in humans, where the hand is of vital importance for performance in activities of daily living. With the aim of knowing the research carried out on exoskeletons in hand rehabilitation, which contribute to their grip function. Material and Methods: it consisted of a bibliographic review, consulting the main databases such as: Dialnet, Redalyc, PubMed, Google Academic and Scielo; including in the article a total of 14 works that address the topic, which show an experimental methodology and a pilot study. Results: 57% of the works showed that the use of exoskeletons in rehabilitation is effective for the therapeutic approach, in patients with sequelae of a cerebrovascular event, in 2 articles it is mentioned that there are no significant adverse effects in the increase in pain, for which is considered an optimal option to avoid altering heart rate or muscle fatigue in patients with some type of neurological or orthopedic injury. Conclusions: Research on exoskeletons shows the benefits of their functions, with an impact on the recovery of neurological and orthopedic sequelae as an adjuvant in physiotherapeutic rehabilitation treatment.

Keywords: exoskeletons, hand, pilot study

Artículo recibido 02 octubre 2024
Aceptado para publicación: 12 noviembre 2024



INTRODUCCIÓN

La presente investigación hace referencia a los estudios de la aplicación de un exoesqueleto para el componente de la mano, debiendo considerar la complejidad de sus características anatómicas conformada por el carpo o muñeca, de forma proximal por 4 huesos: escafoides, semilunar, piramidal, pisiforme y distal por 4 huesos: trapecio, trapezoide, capitado o grande, ganchoso; con un orden de lateral a medial proporcionando flexibilidad al carpo (Moore et al., 2013). De este modo se describen las estructuras corporales como: el metacarpo, compuesto por 5 huesos largos que forman el esqueleto de la palma de la mano, articulándose por arriba con el carpo y por abajo con las falanges las cuales son las estructuras óseas de los dedos, identificándose dos falanges para el pulgar y 3 falanges para el resto de los dedos (Drake et al., 2020).

Dentro de las articulaciones del complejo de la mano, la articulación metacarpofalángica se describe como un componente de articulaciones condíleas elipsoideas-biaxiales que proporcionan los movimientos de abducción, aducción, flexión, extensión y circunducción; y las articulaciones interfalángicas son tipo bisagra, realizando únicamente movimientos de flexión y extensión (Drake et al., 2020).

De igual manera, los músculos de la mano son intrínsecos localizados en 5 compartimentos: compartimento tenar formado encontrándose el abductor corto del pulgar, flexor corto del pulgar y oponente del pulgar; compartimento aductor presente el aductor del pulgar; compartimento hipotenar por el abductor del meñique, flexor corto del dedo meñique y oponente del dedo meñique; compartimento central están los músculos cortos de la mano y los compartimentos interóseos ubicándose los músculos interóseos (Moore et al., 2013).

La mano presenta un sistema biomecánico complejo de agarre, caracterizado por las fases de transporte, formación de agarre y manipulación (Vázquez et al., 2022).

Las lesiones en extremidades superiores, específicamente en las muñecas son uno de los problemas más comunes que dificultan las actividades diarias de las personas, actualmente se busca acortar el tiempo de recuperación de estas lesiones mediante sesiones de terapia realizadas por expertos en la materia.

La comunidad científica se ha esforzado por proporcionar herramientas tecnológicas y dispositivos robóticos que ayuden a ofrecer una mejor terapia y se esfuerza por hacer que el trabajo de los profesionales de la rehabilitación sea más fácil y conveniente. Estos dispositivos se centran en el diseño de exoesqueletos. (Alvarado et al., 2023)

El proceso de rehabilitación es lento debido a la complejidad de las secuelas anatomofuncionales traumáticas de la mano, es por ello que, uno de los principales objetivos del terapeuta físico es incrementar la funcionalidad o al menos disminuir al máximo el grado de discapacidad, para esto se debe tomar en consideración una adecuada intervención fisioterapéutica basada en dos líneas principales que son la prensión y el tacto permitiendo la interacción con el entorno, facilitando al individuo su independencia funcional, los exoesqueletos suman al manejo terapéutico que se debe brindar como parte del equipo multidisciplinar. (Peña et al., 2021).

Considerando lo anterior, podemos decir que los exoesqueletos en muchas ocasiones basan su diseño en mecanismos unidireccionales y bidireccionales, el primero se basa en la apertura o cierre de la mano, con rehabilitación activa por medio de mecanismos neumáticos o eléctricos donde el paciente realiza movimientos voluntarios durante cada actividad y el segundo son actuadores pasivos basado en el control de movimiento automático en donde la terapia es guiada en su totalidad por el dispositivo. Sobresaliendo también la producción de los exoesqueletos mixtos que ofrecen mayor beneficio en la rehabilitación.

Actualmente se ha prestado especial atención a la producción de exoesqueletos compuestos, que son de gran importancia en la rehabilitación. (Arias, 2021).

Dentro de los exoesqueletos de la mano se distingue a Andreas Wege, Konstantin Kondak, y Günter Hommel generando un prototipo mecánico de cuatro grados de libertad, así como el cálculo de los ángulos correspondientes a cada falange y el uso de sensores mioeléctricos para la medición de la actividad muscular (Chavez et al., 2010).

Para el desarrollo de prototipos de exoesqueletos se deben considerar diversos puntos de importancia como es el análisis de movimientos, parámetros cinemáticos y cinéticos, selección de actuadores, geometría de los modelos, control del diseño mecánico, diseño del sistema de control y evaluación de la eficacia y eficiencia de la terapia robótica (Broche et al., 2021).



En tiempos recientes se han observado diversos desarrollos tecnológicos que buscan beneficiar los procesos de rehabilitación en la práctica clínica, se ha observado que la repetición de movimientos específicos puede otorgar mejoras en la funcionalidad. Particularmente cuando se habla de miembro superior y en patologías específicas como el Accidente Cerebro Vascular, el uso de robots basados en exoesqueletos y sistemas de efectores finales, especialmente en la fase aguda, es por ello que se considera que su utilidad puede ser alta no solo en esta patología específica sino en cualquier circunstancia que requiera incrementar la funcionalidad de la mano.

El uso de exoesqueletos o robots terapéuticos tiene como ventajas que es reprogramable y puede adaptarse a las necesidades de cada caso, además puede motivar al usuario y facilitar el aprendizaje motor (Pérez et al., 2023).

Para poder obtener los datos característicos de las trayectorias de movimiento en una articulación específica, frecuentemente se utilizan programas para el análisis de video, se fundamentan en seguimiento de patrones y evalúan la posición, velocidad y aceleración lo que ayuda a generar imágenes cuadro por cuadro, información de suma importancia cuando se pretende crear un dispositivo de grado médico (Carmona y Mejía., 2023).

METODOLOGÍA

La metodología empleada para la realización del presente artículo consistió en una revisión bibliográfica, consultando las principales bases de datos como: Dialnet, Redalyc, PubMed, Google Académico y Scielo. Para la búsqueda de artículos científicos se consideraron las palabras clave: Estudio piloto, mano y exoesqueleto.

Para la recolección de artículos aceptados en la investigación, se determinaron ciertos criterios de inclusión y exclusión que se mencionan a continuación.

Criterios de inclusión: Se aceptaron artículos científicos que su año de publicación fuera de 2019 a la fecha. Se incluyeron, estudios piloto, ensayos clínicos aleatorizados, artículos de casos y controles, estudios de cohorte, que cumplieran con las palabras claves antes mencionadas, así como artículos en idioma inglés, portugués, francés y español.

Criterios de exclusión: Estudios que su año de publicación fuera inferior a 2019, trabajos de tesis, duplicados, artículos de revisiones de literatura, artículos con acceso restringido.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la realización del presente trabajo de investigación, se empleó una metodología documental bibliográfica sistematizada, que contuviera información referente a estudios piloto en el tema de exoesqueletos de mano, se consultaron las principales bases de datos como: Google académico, PubMed, Dialnet y Elsevier.

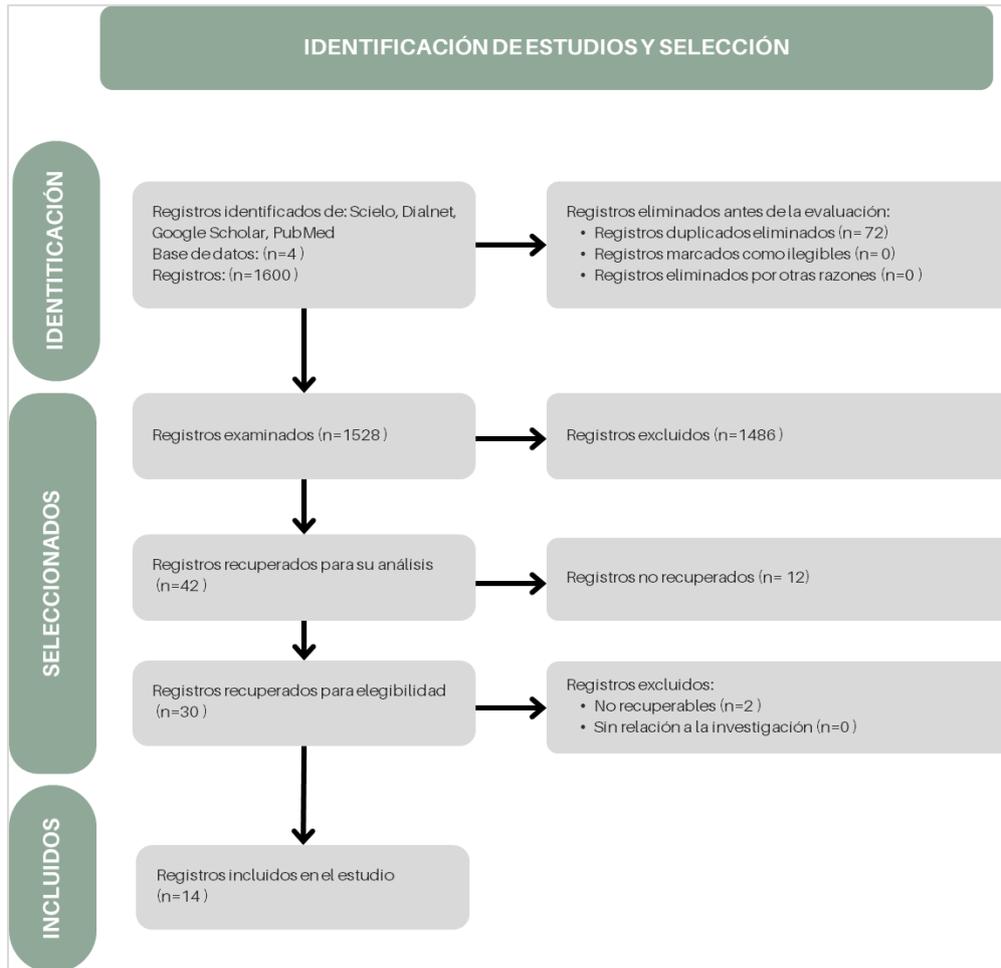
Para la recopilación de artículos, se consideraron artículos médicos y de ingeniería que mencionan las palabras clave: exoesqueletos, mano y estudio piloto.

El proceso de recolección de trabajos se desarrolló con una identificación de artículos de las fuentes antes mencionadas, en donde se obtuvieron 1600 archivos de 4 bases de datos distintas considerando los 4 idiomas para la elegibilidad, de estos registros, se descartaron 72 archivos duplicados, restando un total de 1528 artículos, sin embargo, se excluyeron 1486 porque no cubrieron los criterios de elegibilidad o inclusión, de los cuales, 42 artículos fueron seleccionados, no obstante, no se pudieron recuperar 12 artículos, ya sea porque la extensión de servidor no se encontraba disponible o el trabajo contaba con restricciones de accesibilidad, al finalizar la selección, se incluyen en el artículo un total de 14 trabajos que abordan el tema, muestran una metodología experimental o estudio piloto.

El 57% de los trabajos arrojaron que el uso de exoesqueletos en la rehabilitación son efectivos para el abordaje terapéutico en pacientes con secuela de evento cerebrovascular, por otra parte, en 2 artículos se menciona que no existen efectos adversos o significativos en el aumento del dolor, por lo que, los exoesqueletos se consideran como una opción óptima para no alterar la frecuencia cardíaca o la fatiga muscular en pacientes con algún tipo de lesión neurológica u ortopédica, además, los trabajos de investigación, lograron demostrar una alta satisfacción en estudios piloto realizados en pacientes sanos, ya que aumenta la percepción de la calidad de vida de acuerdo a los test de la percepción de la calidad que se aplicaron a individuos objetos de estudio al finalizar el mismo.



Ilustración 1



CONCLUSIONES

En conclusión, existe suficiente evidencia científica que demuestra que el uso de exoesqueletos es ideal para la aplicación de un tratamiento de rehabilitación en pacientes con diagnósticos neurológicos y ortopédicos, en donde se destaca el uso de exoesqueletos en la recuperación de pacientes con secuela de Evento Cerebro Vascular y Fracturas distales del antebrazo, con una mejoría significativa, derivados de resultados cualitativos, de igual manera se menciona que los usuarios se encuentran satisfechos con el uso de exoesqueletos incluidos en tu rehabilitación, posicionando como una herramienta fundamental e innovador en el personal de salud, sin embargo, las investigaciones carecen de datos cuantitativos que demuestren eficacia en el uso de exoesqueletos, hasta el momento los estudios piloto se han desarrollado en pacientes sanos, empleando encuestas de satisfacción que arrojan resultados positivos, si bien, el uso de estos artefactos empleados en la rama médica resultan innovadores y agradables para el usuario, las terapias convencionales no son sustituibles por este tipo de aditamentos electrónicos, ya que solo

proporcionan controladores que regulan y facilitan el movimiento articular y muscular del usuario-paciente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado Cruz, L.A., Manzo Reyes, J.R., Cárdenas Valderrama, J.A., Hernández López, K.I., Ramírez Cruz, D.H., Sistema de monitoreo de datos electromiográficos mediante el sensor V3. Investigación Aplicada, un Enfoque en la Tecnología pag. 164 - 174 DOI: [10.60968/iaet.3594-035X](https://doi.org/10.60968/iaet.3594-035X)
- Andrés Martínez, A. I., Martínez Santamaría, E., Bergues Borque, L., & Marzal Rubio, Á. (2021, 31 octubre). Efectividad de las ortesis robóticas (exoesqueleto) en lesión medular. Revista Sanitaria de Investigación. Recuperado 8 de noviembre de 2024, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8163505>
- Arias Muñoz, V. (2021). Evaluación de funcionalidad de un exoesqueleto de mano en usuarios sanos. <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/1523>
- Broche-Vázquez, Leonardo, Torres-Quezada, Mauricio, Milanés-Hermosilla, Daily, González-Romero, Dainier, Rodríguez-Serrezuela, Ruthber, & Sagaró-Zamora, Roberto., (2020). Exoesqueleto robótico para la rehabilitación del miembro superior del paciente hemipléjico. *Ingeniería Mecánica* , 23 (3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S181559442020000300003&lng=es&tlng=es
- Carmona Guevara KG, Mejía Calderón LA., (2023). Síntesis dimensional de dispositivos económicos para rehabilitación de extremidades superiores. Revista UIS Ingenierías pag 102 DOI: <https://doi.org/10.18273/revuin.v22n3-2023008>
- Chávez, C., Rodríguez, S., Barandica, L., (2010). Exoesqueletos para potenciar las capacidades humanas y apoyar la rehabilitación. Revista Ingeniería Biomédica. 4(7) pág 63-73 ISSN 1909-9762 <https://revista.eia.edu.co/index.php/BME/article/view/88/88>
- Drake RL, Wayne VA, WM MA, Gray H. Gray's Anatomy For Students. España: Elsevier Health Sciences; 2020.
- Reviriego-Rodrigo E, López de Argumedo-González de Durana M, Bayón-Yusta JC, Gutiérrez-Iglesias



A, Cívicos-Sánchez N, Ochoa-Rekagorri E, Carrascal-Rueda P, Galnares-Cordero L., (2024). Exoesqueletos para la recuperación funcional de la marcha en pacientes con patologías del sistema nervioso central como la esclerosis múltiple, ictus y/o lesiones medulares post-traumatismo. Ministerio de Sanidad. Servicio de Evaluación de Tecnologías Sanitarias del País Vasco.

https://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/osteba_publicacion/eu_def/adjuntos/Exoesqueletos-23-2024.pdf

Jiménez Martínez, L., (2019). Efectividad de los exoesqueletos para rehabilitación en extremidad superior en pacientes post-ACV [Licenciatura, Universitat de les Illes Balears].

https://dspace.uib.es/xmlui/bitstream/handle/11201/153254/Jim%C3%A9nez_Mart%C3%ADnez_Lydia.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Moore KL, Dailey AF, Agur AMR. Moore Anatomía con orientación clínica. 7ma ed. Barcelona España: Lippincott Williams & Wilkins; 2013.

Pérez, A., Sánchez G., Fernández, R., (2023). Efectividad de la robótica en terapia ocupacional para recuperación funcional del miembro superior: revisión sistemática. Revista electrónica de terapia ocupacional Galicia, TOG. 20 (1) pág. 63-76 DOI: S1885-527X2023000100010

Peña Hernández PA, Gómez Ramírez E, Calva Soto AP., (2021). Fisioterapia y rehabilitación integral de personas con discapacidad: revisión narrativa. Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica, vol. 40, núm. 6, pp. 648-655 DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.5558857>

Mardomingo M., Fernández G., Molina R., (2018). Usabilidad y aceptabilidad de los exoesqueletos portables para el entrenamiento de la marcha en sujetos con lesión medular: revisión sistemática. Revista de Neurobiología, 66(02). <https://doi.org/10.33588/rn.6602.2017315>

Vázquez-Alonso MF, Díaz-López JJ, Lázaro-Huerta M, Guamán-González MO. (2021). Medición de la fuerza de prensión y de las pinzas de la mano en pacientes sanos. Acta ortop. mex [revista en la Internet]. 35(1)56-60. Disponible en:

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2306-41022021000100056&lng=es.](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2306-41022021000100056&lng=es)

