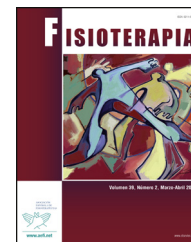




Fisioterapia

www.elsevier.es/ft



REVISIÓN

Aplicación de la terapia robótica para la función motora de la mano del adulto con hemiplejía. Revisión sistemática y metanálisis

C. Meneses-Castaño*, Y. Peñaloza-Peñaranda, M.Y. Pinzón-Bernal y J. Castellanos-Ruíz

Universidad Autónoma de Manizales, Manizales, Colombia

Recibido el 16 de mayo de 2017; aceptado el 11 de agosto de 2017

PALABRAS CLAVE

Hemiplejía;
Función motora;
Mano espástica;
Terapia robótica

KEYWORDS

Hemiplegia;
Motor function;
Spastic hand;
Robotic therapy

Resumen Se presenta una revisión sistemática sobre la eficiencia de la terapia robótica para la función motora de la mano del adulto con hemiplejía. Se realizó una búsqueda sistemática en PubMed, registro Central Cochrane de Ensayos Clínicos Controlados – CENTRAL, LILACS, Scielo, bibliotecas virtuales, ScienceDirect, Proquest, Springerlink, Biomed Central, OTseeker, Physiotherapy Evidence Database (PEDro), de enero a diciembre del 2015. La revisión analítica se realizó acorde con los estándares de calidad establecidos para reportar estudios experimentales utilizando la estrategia Consolidated standards of reporting trials group (CONSORT) 2010 y la calidad metodológica se evaluó utilizando la escala de Jadad. Encontrándose heterogeneidad en los estudios y el tipo de participantes, el tiempo de tratamiento osciló entre 4 y 12 semanas y el número de personas involucradas en el estudio fue entre 11 y 99. La terapia robótica mostró efectividad en la función motora de la mano, aunque no se evidenciaron estudios con suficiente poder estadístico con relación a la terapia convencional, ni prácticas exclusivas del uso de la robótica en Neurorrehabilitación.

© 2017 Asociación Española de Fisioterapeutas. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Application of robotic therapy for the motor function of the hands of adults with hemiplegia. Systematic review and meta-analysis

Abstract A systematic review is presented on the efficiency of robotic therapy for the motor function of the hands of adults with hemiplegia. A systematic search of scientific literature was carried out in PubMed, Cochrane Central Register of Controlled Trials - CENTRAL, LILACS, Scielo, virtual libraries, ScienceDirect, Proquest, Springerlink, Biomed Central, Occupational Therapy

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: cyndi.menesesc@autonoma.edu.co (C. Meneses-Castaño).

Systematic Evaluation of Evidence (OTseeker), Physiotherapy Evidence Database (PEDro), from January to December of 2015. The analytical review was performed in accordance with the quality standards established for reporting experimental studies using the Consolidated standards of reporting trials group (CONSORT 2010) strategy, and methodological quality was assessed using the Jadad scale. There was heterogeneity in the studies and in the type of participants, the time of treatment varied between 4 and 12 weeks and the number of participants was between 11 and 99. The robotic therapy showed to be effective in the motor function of the hand, although there are no studies that show statistical significance in relation to conventional therapy, or exclusive practices in the use of robotics in neurorehabilitation.

© 2017 Asociación Española de Fisioterapeutas. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

A nivel neuroepidemiológico internacional la enfermedad cerebrovascular (ECV) se considera como la principal causa de hemiparesia y una de las entidades que mayores consecuencias a nivel funcional muestra en las personas que la padecen, lo que constituye un problema de salud pública a nivel mundial, por tanto, es la primera causa de discapacidad en los adultos^{1,2}. De acuerdo al informe del estudio Global Burden of Diseases, Injuries, and Risk Factors Study (GBD 2010), la ECV es, además, la segunda causa más común de muerte y la tercera causa más común de discapacidad ajustada en años de vida saludable, siendo mayor la prevalencia y la incidencia en los países de ingresos medios y bajos³.

Según datos de la Organización Mundial de la Salud, 15 millones de personas sufren un ictus cada año, de las cuales 5,5 millones mueren y otros 5 millones quedan con alguna discapacidad permanente⁴. Asimismo, según la Organización Panamericana de la Salud⁴, el aumento en la magnitud y gravedad de la ECV ha hecho que se considere como una epidemia y la tercera causa de muerte, sin embargo, a nivel de los países de ingresos medios en Latinoamérica no hay estudios con registros basados en datos epidemiológicos que muestren claramente el perfil de la ECV⁵.

En relación con la prevalencia de enfermedad neurológica en Colombia, se encontró a través del «estudio neuroepidemiológico nacional (EPINEURO)» realizado por Pradilla et al.⁶, del Grupo GENECO, en un estudio realizado entre septiembre de 1995 y agosto de 1996, que existe una prevalencia de ECV del 19,9% (intervalo de confianza del 95% [IC95%]: 14,3-27,4), siendo mayor en mujeres. De otra parte, en un estudio realizado por Silva et al.⁷, en cuanto a la ECV en la población colombiana se encontró que las muertes por esta causa ocupan el cuarto lugar.

En la hemiplejía es común encontrar afectación de la función de las extremidades superiores lo que genera no solo dificultad en la realización de patrones selectivos de movimiento, sino al componente funcional, individual y bilateral, especialmente para la función manual y aunque no está claro el potencial de recuperación, existen métodos de intervención empleados que pueden disminuir los niveles de discapacidad y de dependencia como consecuencia de las disfunciones de la extremidad superior².

En este sentido, parte de los conocimientos sobre rehabilitación funcional de la extremidad superior se han generado a partir de la investigación basada en el cuerpo de la mejor

evidencia disponible, ya que son cada día más las personas reportadas con ECV en el mundo; sin embargo, es importante reconocer que no todas las modalidades de terapias emergentes o actuales están indicadas como una opción terapéutica, sino que van de la mano de otros modelos que, aunque tradicionales y con poca evidencia científica, han sido de reconocimiento internacional y clínicamente han dejado resultados significativos en algunos de los casos. Se reconoce la Neurorrehabilitación actual como un proceso de participación activa y de interacción dinámica entre la persona con déficit neurológico y el terapeuta, con el fin de establecer metas funcionales que permitan el logro de los objetivos trazados, partiendo además del mantenimiento de los aspectos emocionales como la motivación y del reconocimiento de la cognición como elemento importante en el proceso de recuperación⁸.

La Neurorrehabilitación busca la mejor y más rápida recuperación evitando la pronta aparición de secuelas funcionales. Asimismo, en presencia de cronicidad y secuelas producto de la lesión el principio básico del trabajo actual se centra en modalidades de intervención neurorrestaurativas que buscan al mismo tiempo reducir el deterioro, trabajar directamente sobre la modificación subyacente de los mecanismos neurales, como lo proponen los nuevos modelos de reaprendizaje motor basados en la tarea a través de un proceso de entrenamiento repetitivo o a través del uso de tecnología avanzada por medio de dispositivos mecánicos o electrónicos, los cuales son considerados herramientas adaptativas para el entrenamiento funcional que han mostrado evidencia a través de los estudios de neuroimágenes donde se muestra un potencial de reorganización cortical máximo, mejorando los pronósticos de recuperación de la lesión.

Por tanto, el reconocimiento de la evidencia científica de la terapia robótica, específicamente en la función motora del adulto con hemiplejía, permite difundir prácticas clínicas de alta calidad, con beneficios importantes, distinguiendo estrategias asistenciales más efectivas y con soporte científico, además de proyectar el uso rutinario por parte de los profesionales de la salud que trabajan alrededor de la problemática⁹.

Teniendo en cuenta el panorama anteriormente expuesto, el objetivo de este trabajo es presentar una revisión sistemática de la literatura que desde la mejor evidencia disponible permita reconocer la efectividad de la terapia robótica para la función motora de la mano del adulto con hemiplejía.

Materiales y métodos

Criterios de inclusión

La presente revisión sistemática incluyó estudios hallados entre enero y diciembre de 2015 sin límite de fecha de publicación, de idioma, ensayos clínicos controlados aleatorizados o cuasialeatorizados acerca del uso de la robótica como parte del tratamiento de Neurorrehabilitación de la función motora de la mano del adulto con hemiplejía secundaria a ECV que cumplieran con los estándares de la lista de chequeo de la declaración Consolidated standards of reporting trials group (CONSORT) versión 2010¹⁰ establecidos para estudios experimentales. Con el objetivo de establecer la calidad metodológica de los estudios, estos fueron valorados utilizando la escala de Jadad, la cual incluye 5 ítems, donde la máxima puntuación corresponde a 5 con una calidad metodológica excelente y 1 a una calidad metodológica mala^{11,12}.

Estrategia de búsqueda

Se realizó una búsqueda sistemática de literatura científica en PubMed, registro Central Cochrane de Ensayos Clínicos Controlados – CENTRAL, LILACS, Scielo, así como, en las bibliotecas virtuales, ScienceDirect, Proquest, Springerlink, Biomed Central, Occupational Therapy Systematic Evaluation of Evidence (OTseeker), Physiotherapy Evidence Database (PEDro).

Obtención y análisis de datos

La calidad metodológica de los estudios se determinó teniendo en cuenta los estándares establecidos para reportar estudios experimentales utilizando la estrategia CONSORT versión 2010¹⁰, y con el objetivo de establecer la calidad de los estudios fue utilizada de la escala de Jadad¹¹; posteriormente los datos se ingresaron al software Review Manager versión 5.3¹³ y por último se realizó una serie de metaanálisis de los estudios seleccionados y análisis de los resultados mostrados. Todos los estudios identificados en la búsqueda sistemática fueron evaluados de manera independiente por cada una de las investigadoras.

Para las medidas del efecto del tratamiento en el análisis de los datos continuos se utilizó las diferencias de promedios y sus respectivas desviaciones estándar y los resultados se midieron de la misma manera en los diferentes estudios incluidos en la revisión sistemática. Para los datos continuos se tomó el respectivo IC95% y los resultados se agruparon utilizando el modelo de efectos fijos o aleatorios de acuerdo a los tipos de estudio. Para la evaluación de la heterogeneidad estadística en cada metaanálisis se utilizaron los estadísticos I^2 y χ^2 . Se estimó la heterogeneidad como considerable si $I^2 > 30\%$ o el valor de p en el $\chi^2 < 0,2$.

Resultados de la búsqueda

Después de realizar diferentes búsquedas se encontraron 874 registros en total, de los cuales 813 fueron hallados en PubMed y 61 registros identificados en PEDro, BIREME,

OTseeker, Biomedical Research (Embase/Elsevier); después de eliminar 657 duplicados y tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión se incluyeron 22 estudios en la síntesis cualitativa de la evidencia, de los cuales se excluyeron 10 para el análisis cuantitativo a través de metaanálisis (fig. 1).

Resultados

En total se incluyeron 22 estudios, los cuales corresponden a ensayos clínicos controlados aleatorizados, que medían el efecto de la aplicación de la terapia robótica en la función motora de la mano en el adulto con hemiplejía tras una ECV. La mayoría de las investigaciones seleccionadas fueron realizadas en EE. UU. (Washington, California, Nuevo México, Nueva York, Maryland y Columbus). El total de los estudios incluyó 405 participantes adultos de los 18 a los 75 años de edad, de los cuales, solo 3 de los 22 estudios son pilotos de ensayos clínicos controlados aleatorizados y de estos se seleccionó un estudio crossover con un total de 12 participantes. Igualmente, se incluyeron 10 estudios que utilizaron robots de tipo exoesqueleto, donde en 2 estudios los robots fueron creados por los mismos investigadores, un estudio con Armeo Boom, ARMin III, Myomo, Pneu-Wrex, SMART y 2 estudios con PUMA 560. Para el análisis cuantitativo se seleccionaron 12 de los 22 estudios (tabla 1 - resumen de los hallazgos).

En la figura 2 se presenta un metaanálisis de 3 estudios con un total de 74 participantes mostrando el uso de la terapia robótica mediante el dispositivo *Bi-Manu-Track* de la función motora, donde los grupos de entrenamiento bilateral tienen un incremento de 1,02 puntos (IC95%: -2,22; 4,25) en la escala Fugl-Meyer (FMA) para mano. Adicionalmente, se observa que la población presenta homogeneidad con un I^2 del 0%. Sin embargo no se observan diferencias significativas con relación a los efectos de la intervención en ambos grupos para el uso del *Bi-Manu-Track* para mejorar la función motora, por tanto, los resultados se deben observar con precaución.

Se presenta un metaanálisis de 3 estudios con un total de 74 participantes mostrando el uso de la terapia robótica mediante el dispositivo *Bi-Manu-Track* con respecto a la función motora de alcances, agarres y pinzas, medidas con el Manual de Actividad Motora (MAL), su uso presenta una disminución de 0,09 puntos (IC95%: -0,57; 0,38). Adicionalmente se observa heterogeneidad con un I^2 del 39%, sin presentar resultados favorables para el grupo experimental.

En la figura 3 se presenta un metaanálisis de 3 estudios con un total de 74 participantes mostrando el uso de la terapia robótica para la función motora, calidad de movimiento en tiempo de ejecución normalizado para tareas bilaterales con el dispositivo robótico *Bi-Manu-Track* sin presentar cambios estadísticamente significativos de 0,00 (IC95%: -0,00; 0,00). Asimismo, se encuentra que la población presenta homogeneidad con un I^2 del 0% con resultados poco significativos a favor del grupo control.

Se muestra un metaanálisis de 3 estudios con un total de 74 participantes mostrando el uso de la terapia robótica, con respecto a la fuerza muscular de muñeca y mano, mediante el uso del dispositivo *Bi-Manu-Track*, indicando un incremento estadísticamente significativo de 7,30 (IC95%: 4,90; 9,70) medido por Medical Research Council (MRC).

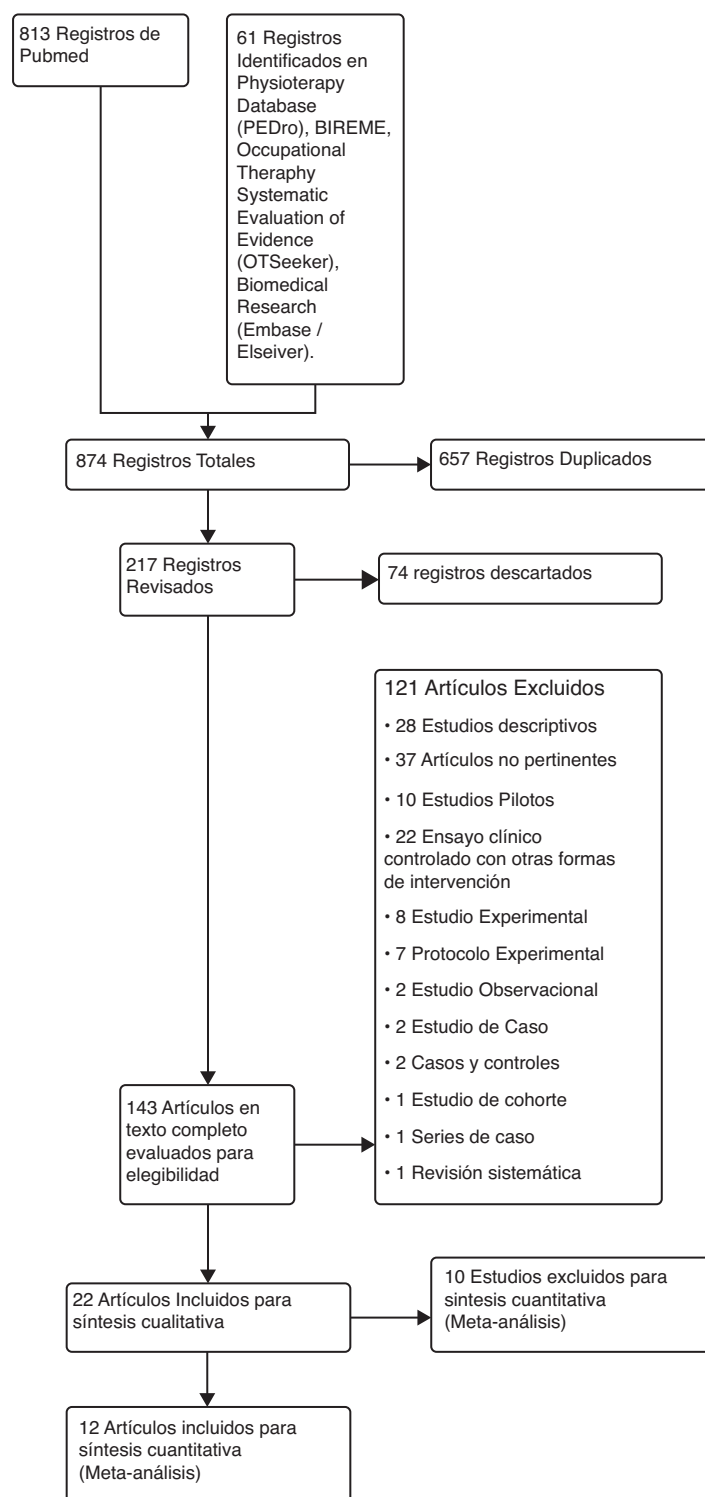


Figura 1 Algoritmo del estudio.

Se presenta un metaanálisis de 3 estudios con un total de 116 participantes mostrando el uso de la terapia robótica relacionada con la función motora, utilizando el dispositivo robótico MIT-MANUS/InMotion2, se encontró un incremento estadísticamente significativo de 1,67 (IC95%: 1,22; 2,13) en la FMA para mano. A su vez, se aprecia que la población presenta homogeneidad con un I^2 del 0%.

Riesgo de sesgos en los estudios incluidos

En los estudios incluidos se detectó sesgos en la selección para la generación de secuencia aleatoria, encontrándose 5 estudios con mecanismos no claros para mantener oculta la asignación aleatoria de los participantes a los grupos. Además, se identificó sesgo de selección para el ocultamiento de

Tabla 1 Resumen de los hallazgos-Metaanálisis

Resultado de subgrupo	Estudios	Participantes	Método estadístico	Efecto estimado Estimación del efecto diferencia del promedio (IC95%)
1.1 Evaluación de Fugl-Meyer (FMA) para mano bilateral (Bi-Manu-Track)	3	74	Diferencia de promedios (métodos de efectos aleatorios, IC95%)	1,02 [−2,22; 4,25]
1.2 Evaluación de Fugl-Meyer (FMA) para miembro superior (hombro-codo-muñeca-mano) entrenamiento bilateral (Bi-Manu-Track)	3	74	Diferencia de promedios (métodos de efectos aleatorios, IC95%)	0,53 [−3,99; 5,05]
1.3 Alcances, agarres y pinzas-Cantidad de uso con Manual de Actividad Motora (MAL) (Bi-Manu-Track)	3	95	Diferencia de promedios (métodos de efectos aleatorios, IC95%)	−0,09 [−0,57; 0,38]
1.4 Alcances, agarres y pinzas-Calidad de movimiento con Manual de Actividad Motora (MAL) (Bi-Manu-Track)	3	95	Diferencia de promedios (métodos de efectos aleatorios, IC95%)	−0,14 [−0,62; 0,35]
1.5 Calidad del movimiento en tiempo de ejecución movimiento normalizado para tareas unilaterales (s/mm) (Bi-Manu-Track)	2	63	Diferencia de promedios (métodos de efectos fijos, IC95%)	0,00 [−0,00; 0,00]
1.6 Calidad del movimiento en tiempo de ejecución movimiento normalizado para tareas bilaterales (s/mm). (Bi-Manu-Track)	2	63	Diferencia de promedios (métodos de efectos fijos, IC95%)	0,00 [−0,00; 0,00]
1.7 Calidad de movimiento en unidades de movimiento normalizado para tareas unilaterales (unit/mm) (Bi-Manu-Track)	2	63	Diferencia de promedios (métodos de efectos fijos, IC95%)	0,01 [0,00; 0,02]
1.8 Calidad de movimiento en unidades de movimiento normalizado para tareas bilaterales (unit/mm) (Bi-Manu-Track)	2	63	Diferencia de promedios (métodos de efectos fijos, IC95%)	−0,00 [−,01; 0,01]
1.9 Evaluación de Fugl-Meyer (FMA) para mano Mit- manus/InMotion2	3	116	Diferencia de promedios (métodos de efectos fijos, IC95%)	1,67 [1,22; 2,13]
1.10 Escala de impacto del ictus (SIS) (Bi-Manu-Track)	1	28	Diferencia de promedios (métodos de efectos fijos, IC95%)	9,22 [1,06; 17,38]
1.11 Evaluación de fuerza hombro-codo Medical Research Council (MRC) (Bi-Manu-Track)	1	44	Diferencia de promedios (métodos de efectos fijos, IC95%)	7,30 [4,90; 9,70]
1.12 Evaluación de Fugl-Meyer (FMA) (hombro-codo-muñeca-mano) (Armeo-Boom)	1	68	Diferencia de promedios (métodos de efectos fijos, IC95%)	−7,80 [−16,00; 0,40]

la asignación aleatoria en 9 estudios, de los cuales, no fue claro el enmascaramiento en la intervención a los participantes y el personal, y un estudio, con riesgo alto, en el que no fue posible dicho enmascaramiento, así como sesgo de detección para 6 de los 22 estudios, donde no hubo enmascaramiento en los evaluadores, de los resultados para la función de la mano tras un ECV.

La calidad metodológica de los estudios en general obtuvo calificaciones entre buena^{14–19} y aceptable^{20–26}, 6 de los 22 artículos incluidos para el análisis tuvieron calificación de excelente y 13 superaron la calificación de 3, debido a las dificultades en el proceso de enmascaramiento durante la intervención, así como en algunos no se describe el método de cegamiento y si este era pertinente o no. La mayoría de

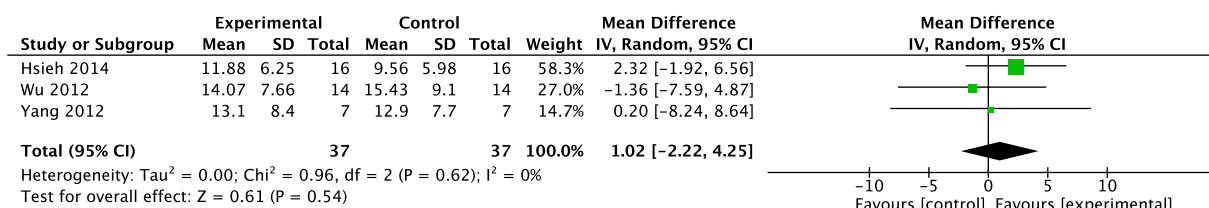


Figura 2 Forest plot de comparación: Función motora-Bi-Manu-Track. Medida: evaluación de Fugl-Meyer (FMA) para mano entrenamiento bilateral.

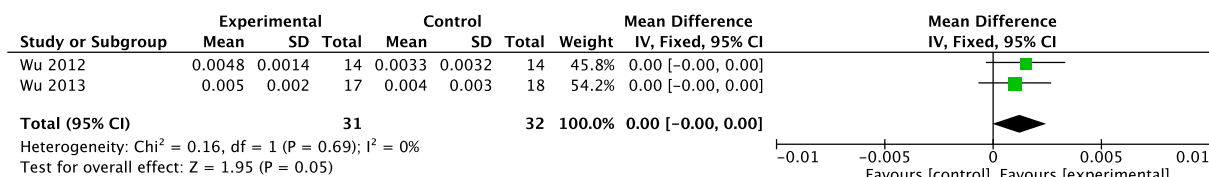


Figura 3 Forest plot de comparación: Función motora-Calidad del movimiento en tiempo de ejecución movimiento normalizado para tareas bilaterales (s/mm)-Bi-Manu-Track.

los estudios sí describen el porcentaje de pérdidas y la forma como se realizó el proceso de aleatorización.

Discusión

Actualmente se evidencia que las investigaciones relacionadas con el uso de la terapia robótica en Neuror rehabilitación, ha crecido rápidamente, aunque son pocos los artículos que presentan resultados de forma específica en relación con la aplicación de la terapia robótica para la función motora de la mano del adulto con hemiplejía²⁷; de otra parte hay indicios que muestran que este tipo de intervención genera ganancias en su funcionalidad, sin embargo, es necesario contar con mayor evidencia científica para obtener resultados concluyentes.

A partir de un análisis crítico de la literatura se presentan a continuación los hallazgos más significativos, de acuerdo con las medidas de desenlace arrojados por el presente estudio; en torno a la función motora, cantidad de uso y calidad de movimiento, así como la función motora para alcances, agarres y pinzas; y en menor proporción otras medidas de desenlace, tales como, el impacto de la discapacidad y medida de independencia funcional. Se obtuvo como resultados que la terapia robótica en cuanto a la función motora para el entrenamiento bilateral medido por la FMA es favorable frente a la terapia convencional, sin embargo, los hallazgos se deben observar con precaución, relacionado con lo encontrado por Klamroth-Marganska et al.²⁸, quienes empleando la misma escala de evaluación mostraron que los participantes asignados a la terapia robótica tuvieron mejoría significativa en la función motora del brazo afectado durante el transcurso del estudio frente a aquellos asignados a la terapia convencional con una $p = 0,041$; la diferencia de medias en la puntuación fue de 0,78, IC95%, lo mismo que Hsieh et al.²⁹ y Liao et al.³⁰, quienes evidencian que los grupos con intervención de tipo robótica presentaron incremento significativo en la función motora y la actividad del brazo hemipléjico con una $p = 0,01$ y $p = 0,002$ respectivamente con IC95%.

Por otra parte, en la medida de función motora para alcances, agarres y pinzas evaluada mediante el MAL para cantidad de uso y calidad del movimiento, se encontró que la terapia convencional muestra mayor efectividad frente a la terapia robótica. Lo que coincide con la revisión sistemática realizada por Mehrholz et al.³¹, donde se evidencia una baja calificación para la calidad de movimiento en la función motora del brazo con una $p = 0,0004$ -IC95% a favor del grupo control.

En cuanto a la función motora en calidad de movimiento y tiempo de ejecución tanto para tareas unilaterales como bilaterales medido en segundos/milímetros (s/mm) se encontró que la terapia robótica con relación a la intervención convencional mostró un incremento estadísticamente significativo, resultados que coinciden con los estudios realizados por Prange et al.³², quienes hallaron ganancias en la ejecución de tareas unilaterales y bilaterales para la función del brazo parético con una $p = 0,04$.

Otro dispositivo que mostró efectividad en este estudio para la terapia robótica, con respecto a la función motora de la mano, fue el MIT-MANUS/InMotion2, el cual, presentó un incremento estadísticamente significativo frente a la intervención con terapia convencional medido según la FMA, lo que se relaciona con los estudios hechos por Mazzoleni et al.³³, en los que se evidencia mayor desempeño en la función motora de la mano con una $p < 0,001$, datos que coincide con un segundo estudio realizado por Mazzoleni et al.³⁴.

También se reporta datos significativos en la función motora de la mano posterior al tratamiento con el dispositivo robótico, expresado en una disminución para la discapacidad del miembro superior. Un estudio similar planteado por Prange et al.³⁵ muestra cambios positivos en las puntuaciones para la recuperación motora de la mano en relación con el entrenamiento usando el Mit-Manus con una $p < 0,05$ -IC95%.

Adicionalmente, en los resultados encontrados a través de la presente investigación fue importante relacionar estudios individuales debido a la variedad de dispositivos robóticos y a las diferentes medidas de desenlaces, que

si bien, muestran buen nivel de significación estadística, no permiten proporcionar resultados concluyentes debido a que presentan muestras pequeñas y, por ello, su análisis debe ser tomado con precaución. En este sentido, este estudio muestra frente al impacto de la discapacidad, mejoras estadísticamente significativas de la intervención mediante el uso del dispositivo robótico Bi-Manu-Track frente a la terapia convencional; resultados que muestran coherencia con estudios realizados por Hsieh et al.³⁶, quienes muestran ganancias positivas para la autopercepción de la fuerza muscular y por consiguiente una mejor percepción de la condición de salud, con una $p < 0,05$.

Para el dispositivo Armeo Boom, se encontraron ganancias en la función motora mediante la FMA, situación similar que se presentó con el estudio realizado por Prange et al.¹⁵, evidenciando cambios representativos posteriores a la intervención robótica en personas con ECV crónica, favoreciendo mayor desempeño en las actividades funcionales con una $p = 0,04$.

Para concluir, la escasa evidencia de pobre calidad en las investigaciones clínicas indica que la efectividad de la terapia robótica en la práctica clínica para la Neurorrehabilitación genera ganancias significativas en la función motora y mejora de la funcionalidad, pero debe analizarse con precaución por parte de los investigadores, debido al riesgo de selección y detección en los estudios publicados a la fecha. Los dispositivos robóticos son un elemento más de apoyo para la rehabilitación, brindándole mejor prescripción de las sesiones terapéuticas, y permitiendo medir la evolución diaria. El uso de la terapia robótica es por tanto atractiva debido a varias razones, tales como su potencial para un fácil despliegue, su aplicabilidad en un amplio rango de déficits motores y su fiabilidad en cuanto a la toma de medidas, aumentando el uso de estos dispositivos a entornos clínicos³⁷. Se deben realizar revisiones sistemáticas en las que se evalúe la efectividad de la terapia robótica con métodos adecuados de aleatorización, tamaño de la muestra y enmascaramiento de las evaluaciones.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Barret J, Blackburn J, DuBoi R, Drazen E, Gal J. Neuroepidemiology in the developing countries. *J R Soc Med.* 1982;75:305–6.
2. Pagan E, Chatenoud L, Rodriguez T, Bosetti C, Levi F, Malvezzi M, et al. Comparison of trends in mortality from coronary heart and cerebrovascular diseases in North and South America: 1980 to 2013. *Am J Cardiol.* 2017;119:862–71.
3. PROGRESS Collaborative Group. Randomised trial of a perindopril-based blood-pressure-lowering regimen among 6105 individuals with previous stroke or transient ischaemic attack. *Lancet.* 2001;358:1033–41.
4. Panamerican Health Organization. Health conditions in the Americas 1994 vol.1. Washington DC: PAHO, Sei Publ; 1994. p. 217–25.
5. Chaves-Sell F, Tulio Medina M. Epidemiología de la enfermedad cerebrovascular en Latinoamérica. *Rev Neurol (Ecu).* 2004;13:2.
6. Pradilla G, Vesga BE, León FE, Grupo GENECO. Estudio neuroepidemiológico nacional (EPINEURO) colombiano. *Rev Panam Salud Pública.* 2003;14.
7. Silva A, Zarruk JG, Quintero C, Arenas W, Rueda-Clausen CF, Silvia SY, et al. Cerebrovascular disease in Colombia. *Rev Col Cardiol.* 2006;13:85–9.
8. Kitago T, Krakauer J. Motor learning principles for neurorehabilitation. *Handb Clin Neurol.* 2013;110:93–103.
9. Lum P, Reinkensmeyer D, Mahoney R, Rymer WZ, Burgar C. Robotic devices for movement therapy after stroke: current status and challenges to clinical acceptance. *Top Stroke Rehabil.* 2002;8:40–53.
10. Moher D, Hopewell S, Schulz KF, Montori V, Gøtzsche PC, Devereaux PJ, et al. CONSORT 2010 explanation and elaboration: Updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *BMJ.* 2010;340:869.
11. Jadad AR, Moore RA, Carroll D, Jenkinson C, Reynolds DJ, Gavaghan DJ, et al. Assessing the quality of reports of randomized clinical trials: Is blinding necessary. *Control Clin Trials.* 1996;17:1–12.
12. Clark HD, Wells GA, Huët C, McAlister FA, Salmi LR, Ferguson D, et al. Assessing the quality of randomized clinical trials: Reliability of the Jadad Scale. *Control Clin Trials.* 1999;20:448–52.
13. Review Manager (RevMan) [Computer program]. Version 5.3. Copenhagen: The Nordic Cochrane Centre, The Cochrane Collaboration, 2014.
14. Lemmens R, Timmermans A, Janssen-Potten Y, Pulles S, Geers R, Bakx W, et al. Accelerometry measuring the outcome of robot-supported upper limb training in chronic stroke: A randomized controlled trial. *PLoS One.* 2014;9.
15. Prange GB, Kottink AI, Buurke JH, Eckhardt MM, Keulen-Rouweler BJ, Ribbers GM, et al. The effect of arm support combined with rehabilitation games on upper-extremity function in subacute stroke: A randomized controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair.* 2014;29.
16. Reinkensmeyer D, Wolbrecht E, Chan V, Chou C, Cramer S, Bobrow J. Comparison of 3 D assist-as-needed robotic arm/hand movement training provided with Pneu-WREX to conventional table top therapy following chronic stroke. *Am J Phys Med Rehabil.* 2012;91:232–41 (11 0 3).
17. Yang C, Lin K, Chen H, Wu C, Chen C. Pilot comparative study of unilateral and bilateral robot-assisted training on upper-extremity performance in patients with stroke. *Am J Occup Ther.* 2012;66:198–206.
18. Abdullah H, Tarry C, Lambert C, Barreca S, Allen B. Results of clinicians using a therapeutic robotic system in an inpatient stroke rehabilitation unit. *J Neuroeng Rehabil.* 2011;8.
19. Barker R, Brauer S, Carson R. Training of reaching in stroke survivors with severe and chronic upper limb paresis using a novel non robotic device a randomized clinical trial. *Stroke.* 2007;39:1800–7.
20. Wu C, Yang C, Chen M, Lin K, Wu L. Unilateral versus bilateral robot-assisted rehabilitation on arm-trunk control and functions

- post stroke: A randomized controlled trial. *J Neuroeng Rehabil.* 2013;10:35.
21. Page S, Hill V, White S. Portable upper extremity robotics is as efficacious as upper extremity rehabilitative therapy: A randomized controlled pilot trial. *Clin Rehabil.* 2013;27:494–503.
 22. Conroy S, Whitall J, Dipietro L, Jones-Lush L, Zhan M, Finley M, et al. Effect of gravity on robot-assisted motor training after chronic stroke: A randomized trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 2011;92:1754–61.
 23. Lo A, Guarino P, Richards L, Haselkorn JK, Wittemberg GF, Federman DG, et al. Robot-assisted therapy for long-term upper-limb impairment after stroke. *N Engl J Med.* 2016;362:1772–83.
 24. Lum P, Burgar C, van der Loos M, Shor P. MIME robotic device for upper-limb neurorehabilitation in subacute stroke subjects: A follow-up study. *J Rehabil Res Dev.* 2006;43:631.
 25. Lum P, Burgar C, Shor P, Majmundar M, van der Loos M. Robot-assisted movement training compared with conventional therapy techniques for the rehabilitation of upper-limb motor function after stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83:952–9.
 26. Volpe B, Krebs H, Hogan N, Edelstein L, Diels C, Aisen M. A novel approach to stroke rehabilitation robot-aided sensorimotor stimulation. *Neurology.* 2000;54:1938–44.
 27. Chang WH, Kim YH. Robot-assisted therapy in stroke rehabilitation. *J Stroke.* 2013;15:174–81.
 28. Klamroth-Marganska V, Blanco J, Campen K, Curt A, Dietz V, Ettlin T, et al. Three-dimensional, task-specific robot therapy of the arm after stroke: A multicentre, parallel-group randomised trial. *Lancet Neurol.* 2014;13:159–66.
 29. Hsieh Y, Wu C, Lin K, Yao G, Wu K, Chang Y, et al. Dose-response relationship of robot-assisted stroke motor rehabilitation. *Stroke.* 2012;43:2729–34.
 30. Liao W, Wu C, Hsieh Y, Lin K, Chang W. Effects of robot-assisted upper limb rehabilitation on daily function and real-world arm activity in patients with chronic stroke: A randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2012;26:111–20.
 31. Mehrholz J, Hädrich A, Platz T, Kugler J, Pohl M. Electromechanical and robot-assisted arm training for improving generic activities of daily living, arm function, and arm muscle strength after stroke. *Cochrane Database Syst Rev.* 2012.
 32. Prange G, Kottink A, Buurke J, Rietman J. Application of arm support training in sub-acute stroke rehabilitation: First results on effectiveness and user experiences. En: *IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR).* 2013; pp. 1–5.
 33. Mazzoleni S, Sale P, Franceschini M, Bigazzi S, Carrozza M, Dario P, et al. Effects of proximal and distal robot-assisted upper limb rehabilitation on chronic stroke recovery. *NeuroRehabilitation.* 2013;33:33–9.
 34. Mazzoleni S, Sale P, Tiboni M, Franceschini M, Posteraro F, Carrozza M. Upper limb robot-assisted therapy in chronic and subacute stroke patients: A kinematic analysis. En: *Converging Clinical and Engineering Research on Neurorehabilitation.* 2013; pp. 129–133.
 35. Prange G, Jannink M, Groothuis-Oudshoorn C, Hermens H, IJzerman M. Systematic review of the effect of robot-aided therapy on recovery of the hemiparetic arm after stroke. *J Rehabil Res Dev.* 2006;43:171.
 36. Hsieh Y, Wu C, Wang W, Lin K, Chang K, Chen C, et al. Bilateral robotic priming before task-oriented approach in subacute stroke rehabilitation: A pilot randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2016.
 37. Rodríguez-Prunotto L, Cano-de la Cuerda R, Cuesta A, Alguacil IM, Molina F. Terapia robótica para la rehabilitación del miembro superior en patología neurológica. *Rehabilitación (Madr).* 2014;48:104–28.