

Terapia robótica en la rehabilitación del miembro superior hemipléjico en pacientes con enfermedad cerebrovascular

Robotic therapy in the rehabilitation of the upper hemiplegic limb in patients with cerebrovascular diseases

^IDra. Bárbara Yumila Noa Pelier

^{II}Lic. Maydané Torres Aguilar

^{III}Lic. Jenny Nodarse Rabelo

^IEspecialista de I grado en Medicina Física y Rehabilitación. Investigador Agregado. Máster en Cultura Física Terapéutica. Instructor. Centro Internacional de Restauración Neurológica (CIREN). La Habana, Cuba. Correo electrónico: noapelier@infomed.sld.cu

^{II}Máster en Educación. Licenciada en Defectología. Investigador Auxiliar. Centro Internacional de Restauración Neurológica (CIREN). La Habana, Cuba. Correo electrónico: mtorres@neuro.ciren.cu

^{III}Máster en Educación. Licenciada en Defectología. Investigador Auxiliar. Centro Internacional de Restauración Neurológica (CIREN). La Habana, Cuba. Correo electrónico: jenny@neuro.ciren.cu

Autor para la correspondencia. Dra. Bárbara Yumila Noa Pelier. Correo electrónico: noapelier@infomed.sld.cu

RESUMEN

La enfermedad cerebrovascular es una de las causas de muerte y discapacidad en el adulto. Las actividades de la vida diaria, se encuentran reducidas por la debilidad muscular o espasticidad. La terapia robótica en la neurorehabilitación del miembro superior hemipléjico, promueve la rehabilitación funcional y facilita el proceso de neurogénesis. Con el objetivo de profundizar en los beneficios de la combinación de la tecnología robótica y la rehabilitación convencional en la recuperación del miembro superior hemipléjico, se realizaron búsquedas en bibliotecas, revistas médicas nacionales y extranjeras indexadas en Scielo, Imbiomed y Pubmed, de los últimos 10 años; de información relacionada con la terapia robótica como tratamiento coadyuvante a la terapia convencional en el miembro superior hemipléjico. Se concluye que la combinación entre un tratamiento convencional de movimiento pasivo con uno asistido por un dispositivo robótico genera beneficios en las condiciones mioarticulares y en la recuperación funcional del miembro superior hemipléjico.

Palabras clave: accidente cerebrovascular; miembro superior hemipléjico; robótica

Descriptor: accidente cerebrovascular; extremidad superior; robótica; rehabilitación neurológica; hemiplejía

ABSTRACT

Cerebrovascular diseases are some of the causes of death in adults. Daily activities, are reduced by muscular weakness or spasticity. The robotic therapy in the neuro-rehabilitation of the upper hemiplegic limb, causes functional rehabilitation and facilitates the process of neurogenesis. With the objective to deep in the benefits of the combination of the robotic technology and conventional rehabilitation in the recovering of the upper hemiplegic limb; searches on line and in libraries were carried out, as well as in national and international medical magazines indexed in Scielo, Imbiomed and Pubmed, in a period of ten years, and in Spanish and English languages, and about the information related to robotic therapy as a coadjuvant treatment to the conventional therapy in the upper hemiplegic limb. It is concluded that the combination between a conventional treatment of passive movement assisted by a robotic appliance generates benefits in mio-articular conditions and in the functional recovering of the upper hemiplegic limb.

Key words: cerebrovascular accident, upper limb, robotics

Descriptors: stroke; upper extremity; robotics; neurological rehabilitation; hemiplegia

Historial del trabajo.

Recibido: 04/06/2020

Aprobado: 29/03/2021

Publicado: 31/03/2021

INTRODUCCIÓN

La enfermedad cerebrovascular (ECV) es un término amplio, un síndrome que incluye un grupo de enfermedades heterogéneas, con factores en común: una alteración en la vasculatura del sistema nervioso central que lleva a un desequilibrio entre el aporte de oxígeno y los requerimientos de oxígeno, la consecuencia es una disfunción focal del tejido cerebral. El accidente cerebrovascular (ACV) se refiere a la naturaleza de la lesión y se clasifica en dos grandes grupos, isquémico y hemorrágico.^(1,2)

El ACV isquémico agudo se genera por oclusión de un vaso arterial e implica daños permanentes por isquemia, si la oclusión es transitoria y se autoresuelve, se presentan manifestaciones momentáneas, hace referencia a un ataque isquémico transitorio que se define como un episodio de déficit neurológico focal por isquemia cerebral de menos de 60 minutos de duración, completa resolución posterior, sin cambios en las neuroimágenes.^(1,3)

Los problemas más importantes de la neurología son las enfermedades cerebrovasculares, es la enfermedad neurológica aguda más frecuente y una de las principales causas de muerte, discapacidad y la minusvalía en el adulto.⁽⁴⁾

En los que no mueren se genera una notable incapacidad física y laboral, del 50 al 70 %, los que sobreviven, quedan con secuelas que repercuten en la esfera psicológica, económica y social, esto ha obligado a emplear múltiples recursos con el fin de atenuar las pérdidas de vidas humanas que alcanzan niveles considerables cada año y disminuir el grado de invalidez que presentan.⁽⁴⁾

En Cuba se ha incrementado la mortalidad por ECV, debido a la extensión de la expectativa de vida de los cubanos que es de 80 años. En el 2018, la tasa bruta de mortalidad por ECV es de 88.2 por 100 mil habitantes y en el 2019, de 89.1 por 100 mil habitantes. Es la segunda causa de muerte en el grupo etéreo mayor de 65 años y la primera causa de invalidez en el mundo.⁽⁵⁾

Entre el 55 y 75 % de los supervivientes presentan paresia del miembro superior, limita la función del brazo y de la mano, les resulta difícil hacer tareas bimanuales. Solo el 5 % con parálisis completa recuperan la función total del brazo y la mano. Entre el 30 al 66 % nunca pueden volver a utilizar el brazo afectado. Los que recuperan el movimiento intencional del miembro superior tienen un control motor fino o destreza deficiente debido a la pérdida de la sensibilidad y la integración sensoriomotora.⁽⁶⁻⁸⁾

La recuperación de las extremidades superiores ocurre más lento que la de los miembros inferiores. Las secuelas de la ECV tienen un gran impacto en las actividades diarias e implica una responsabilidad para las familias y la sociedad. Las actividades se ven reducidas por la moderada a severa debilidad muscular o espasticidad, los lleva a tratamientos que contribuyen a aumentar la función de prensión de la mano para realizar las tareas de la recuperación.^(6,7)

Las recomendaciones de la American Heart Association (AHA) sobre la rehabilitación integral y multidisciplinaria de los que sufren un ictus, ofrecen una visión general y la mejor evidencia para los tratamientos médicos tras un ECV, incluyen terapias de rehabilitación tradicionales y técnicas nuevas, las terapias asistidas por robots.^(9,10)

La terapia robótica para la neurorehabilitación funcional del miembro superior es un término que está en auge gracias a la tecnología, como complemento de la terapia convencional permite obtener resultados más efectivos a la hemiplejía por enfermedad cerebrovascular.^(9,11)

En el Centro Internacional de Restauración Neurológica (CIREN), se desarrolla el Programa Neurorrestaurativo, tiene una duración de ciclos de cuatro semanas, sus objetivos son: la recuperación, aplicación del tratamiento multidisciplinario de rehabilitación neurológica intensiva, con sesiones de hasta siete horas, se dividen en terapia física, fisioterapia, terapia ocupacional y terapia logopédica.

Las actividades de terapia ocupacional tienen como objetivo: mejorar la coordinación, precisión y ritmo de los movimientos activos en las extremidades superiores y entrenar las habilidades manuales que faciliten la realización de actividades funcionales.

En el Departamento de Terapia Ocupacional existe la tecnología robótica, que se combina con la terapia convencional, permite brindar una terapia integral, se encuentran los equipos: Armeo Power, Armeo Spring y Amadeo.

Para realizar el presente estudio en PubMed se introducen los términos ((cerebrovascular disease) AND "rehabilitation" y ((robotictherapy) AND "rehabilitation". Se seleccionan los

artículos publicados en los últimos 10 años, 108 manuscritos cumplen con esos criterios, se descartan cuatro por estar duplicados y 20 no corresponden al tema.

De los 84 artículos, se suprimen 45 por no ajustarse a los criterios de selección. Se leen los 39 seleccionados, se eliminan 26 por no centrarse en las posibilidades de entrenamiento con terapia robótica en el miembro superior hemipléjico, la selección en Pubmed se reduce a 13 textos.

En Lilacs se encuentran 14 artículos para las palabras clave. Para lograr una búsqueda más precisa se activan los siguientes filtros: tipo de trabajo ("article"), disciplina ("biomedical sciences" y "medicine"). Al leer el título se descartan dos, no guardan relación con el tema. Se analizan los 12 que cumplen los criterios de selección.

DESARROLLO

La aplicación sistemática de la robótica en neurorehabilitación proviene de los descubrimientos de la neurociencia, demuestran cómo los ejercicios físicos en los movimientos voluntarios son capaces de tener resultados clínicos en la recuperación de un ECV, los ejercicios promueven la recuperación funcional en una lesión traumática del Sistema Nervioso Central (SNC) y producen el proceso de neurogénesis.⁽⁹⁾

La ventaja del uso de la tecnología robótica, es la capacidad de entrega de altas dosis e intensidad de entrenamiento, los robots de rehabilitación se dividen en terapéuticos, proporcionan entrenamiento de tareas específicas y los de asistencia, el propósito es la compensación.

Los dispositivos tienen el potencial para un impacto superior en la disminución del deterioro con aplicabilidad que rebaza una gama de alteraciones motoras, alta fiabilidad en la medición; manejo de las dosis terapéuticas, los protocolos de entrenamiento y la fácil implementación.⁽⁹⁾

Las investigaciones^(9,12) muestran que la combinación entre un tratamiento convencional de movimiento pasivo combinado con uno asistido por un dispositivo robótico genera ganancias, no solo en la mejoría de las condiciones mioarticulares; sino en su funcionalidad, cada una por separado no obtiene los mismos resultados que cuando se combinan, estos deben ser seguros, poco complejos y ligeros.

La terapia robótica con secuelas de la enfermedad cerebrovascular, ha demostrado su efectividad con relación a los movimientos del miembro superior hemipléjico, se encuentran limitados debido al déficit motor secundario a la ECV.

Los beneficios del mecanismo de retroalimentación han permitido registrar una amplitud de movimiento articular mayor que la alcanzada en la terapia tradicional. Se ha señalado que la terapia compensa alteraciones que desde el punto de vista psicológico se encuentran afectadas como: la memoria de trabajo, la concentración; el pensamiento y el lenguaje. Se alcanzan resultados positivos en la esfera volitiva y se muestra la estimulación y confianza para alcanzar la mejoría, cuando percibe sus logros.

La evidencia actual en neurorehabilitación marca como objetivos: limitar la gravedad de la lesión inicial para minimizar la pérdida de la función, trabajar en la posterior reorganización cerebral y restaurar las funciones perdidas.⁽¹³⁾

La reorganización precisa de una rehabilitación en la plasticidad cerebral, con el mayor componente activo que tiene como principales pilares la repetición y la especificidad en la tarea para lograr el aprendizaje.⁽¹⁴⁾ El concepto se relaciona con los cambios en el sistema nervioso que soportan el aprendizaje, representa la clave para la reorganización del tejido restante en el cerebro dañado.

La neuroplasticidad es la responsable de las modificaciones adaptativas en la respuesta al daño cerebral, espontánea⁽¹⁵⁾ como derivada de la experiencia, la reorganización espontánea crea nuevos caminos neuronales sensibles a la experiencia posterior al daño cerebral,⁽¹⁶⁾ base en la que se fundamenta la neurorehabilitación.

La rehabilitación física no se refiere al trabajo físico-motor, se debe al procesamiento sensorial para la función motora. El sistema somatosensorial, la visión, la audición y el sistema vestibular, aportan información interna y externa al cerebro por vías ascendentes, se integra con la orden motriz que se realiza en condiciones óptimas. La integración y la asociación de la información interna y externa, se ven alteradas tras el accidente cerebrovascular.

El área motora precisa de procesamiento e integración efectivos de la información sensitiva para el control motor de la actividad.^(17,18) El robot aporta aferencias hápticas, la fuerza, la sensación de la posición y táctiles, un feedback visual y auditivo. Estas señales sensoriales internas y externas, benefician el proceso de la rehabilitación motora.^(19,20)

Los estudios⁽²¹⁻²³⁾ realizados hasta la fecha son controvertidos, la mayoría de ellos, encuentran mejoras en la terapia asistida por robot, si se comparan estas con las aportadas por la terapia que se realiza por humanos, no se aciertan resultados significativos, cuando la intensidad y la duración de la terapia son las mismas en ambos grupos.

En la última revisión cerca de la terapia asistida por robot, autores⁽²¹⁾ concluyen que, la evidencia está aún en proceso de determinación, el punto clave de la terapia asistida por robot, en comparación con otras terapias asistidas por humanos, lo determinan: la posibilidad de realizar un mayor número de repeticiones en menos tiempo y la mayor motivación del paciente para la terapia.

Los diferentes tipos de robot y sus estrategias de entrenamiento, marcan diferencias en el programa rehabilitador. Existe una gran variedad de dispositivos robóticos para la rehabilitación del miembro superior, pueden centrar su atención en la parte proximal, distal o total de la extremidad, figura 1.^(21, 24,25)



Figura 1. Armeo Power (Hombro), Armeo Spring (Codo), Amadeo (Mano)

Los exoesqueletos que toman control sobre el codo, se vuelven necesarios cuando existe espasticidad en los flexores de la articulación para evitar fuerzas de reacción sobre el hombro.⁽²⁶⁾

En los estudios descritos,⁽²⁷⁻²⁹⁾ el tiempo de tratamiento, la adaptabilidad del sistema a los diferentes pacientes, el segmento donde se ha aplicado la asistencia, la tarea que se ha desempeñado y los métodos de valoración, difieren en los artículos consultados.

Las variables son importantes para los resultados en el ámbito clínico, hecho que se ve limitado por el tamaño de las muestras en los ensayos: es una de las limitaciones señaladas por los estudios que se han descrito.

En cuanto al tiempo de tratamiento, el rango varía entre las 12 a 40 horas de terapia robótica, con frecuencias de sesión de 3 a 5 días por semana, de 40 a 90 minutos.

En la última revisión acerca de la terapia robótica⁽²¹⁾ no se establece un tiempo mínimo para generar un efecto, cuando se recurre a las bases de la neuroplasticidad, el incremento en la intensidad y las repeticiones generan y fortalecen las nuevas vías neuronales y los cambios neuroplásticos superiores.^(30,31)

La terapia robótica aporta beneficios a las secuelas de la enfermedad cerebrovascular, los que la han recibido se muestran más alegres, optimistas, realizan un mejor análisis de la actividad y su secuencia, recuerdan las puntuaciones en cada actividad y la reproducción de los movimientos del miembro superior.

Las mejorías en la terapia convencional son evidentes, esto se evidencia en el trabajo de mesa, en los ejercicios como sopa de letras, se muestra una mayor rapidez en la realización de rompecabezas complejos y en las actividades cognitivas y motoras.

CONSIDERACIONES FINALES

La rehabilitación con la tecnología robótica constituye una nueva posibilidad para los pacientes con ECV. El entrenamiento del miembro superior apoyado en dispositivos robóticos que involucran el hombro, el codo y la muñeca aumentan la movilidad articular.

La combinación entre un tratamiento convencional de movimiento pasivo con uno asistido por un dispositivo robótico genera beneficios en las condiciones mioarticulares y en la recuperación funcional del miembro superior hemipléjico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. García-Alfonso C, Martínez Reyes A, García V, Ricaurte-Fajardo A, Torres I, Coral J. Actualización en diagnóstico y tratamiento del ataque cerebrovascular isquémico agudo. Univ Med [Internet]. 2019 [citado 19 Ago 2020];60(3). Disponible en: <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/vnimedica/article/view/24640>
2. Rubio Pavón M, Carulla Mora Z, Rodríguez Reyes F, Céspedes Cañamero A, De la Cruz Sando I. Caracterización clínico-epidemiológica de las enfermedades cerebro-vasculares en pacientes del Hospital Militar de Holguín. Enero 2008-diciembre 2009. Correo Científico Médico de Holguín [Internet]. 2010 [citado 19 Ago 2020];14(2). Disponible en: <http://www.cocmed.sld.cu/no142/pdf/no142ori02.pdf>
3. Ministerio de Salud y Protección Social. Guía de práctica clínica para el diagnóstico, tratamiento y rehabilitación del episodio agudo del ataque cerebrovascular isquémico en población mayor de 18 años [Internet]. Bogotá: Centro Nacional de Investigación en Evidencia y Tecnologías en Salud. CINETS; 2015 [citado 19 Ago 2020]. Disponible en: http://gpc.minsalud.gov.co/gpc_sites/Repositorio/Conv_637/GPC_acv/GPC_ACV_Version_Final_Completa.pdf
4. Piloto González R, Herrera Miranda GL, Ramos Águila YC, Mujica González DB, Gutiérrez Pérez M. Caracterización clínica-epidemiológica de la enfermedad cerebrovascular en el adulto mayor. Rev Ciencias Médicas [Internet]. 2015 [citado 19 Ago 2020];19(6). Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rpr/v19n6/rpr05615.pdf>
5. Ministerio de Salud Pública, Dirección de Registros Médicos y Estadísticas de Salud. Anuario Estadístico de Salud 2019. 48 ed [Internet]. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2020 [citado 19 Ago 2020]. Disponible en: <http://files.sld.cu/bvscuba/files/2020/05/Anuario-Electr%C3%B3nico-Espa%C3%B1ol-2019-ed-2020.pdf>
6. Noa Pelier BY, Vila García JM. Estimulación eléctrica funcional en el miembro superior de pacientes hemipléjicos después de sufrir una enfermedad cerebrovascular. Revista Cubana de Medicina Física y Rehabilitación [Internet]. 2019 [citado 19 Ago 2020];11(1):e362. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgibin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=89012>
7. Wenjuan Wei LB, Jun Wang. A longitudinal study of hand motor recovery after subacute stroke a study combined FMRI with diffusion tensor imaging.pdf. Plos One [Internet]. 2013 [citado 19 Ago 2020];8(5):12. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0064154>
8. Makowski N, Jayme Knudson, Jhon Chae M. Interaction of post stroke voluntary effort and functional neuromuscular electrical stimulation. National Institute of Health. [Internet]. 2013 [citado 19 Ago 2020];50(1):85-98. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3605753/pdf/nihms428675.pdf>
9. Meneses Castaño C, Peñaloza Peñaranda Y, Pinzón Bernal MY, Castellanos Ruíz J. Aplicación de la terapia robótica para el tratamiento de la mano espástica del adulto con hemiplejía. Artículo de revisión. Rev Mex Med Fis Re hab [Internet]. 2015 [citado 19 Ago 2020];27(3-4):80-85. Disponible en: https://www.medigraphic.com/pdfs/fisica/mf-2015/mf153_4d.pdf
10. Meneses-Castaño C, Peñaloza-Peñaranda Y, Pinzón-Bernal J. Castellanos-Ruíz J. Aplicación de la terapia robótica para la función motora de la mano del adulto con hemiplejía. Revisión sistemática y metanálisis. Fisioterapia [Internet]. 2017 [citado 1 Feb 2021];40(1). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ft.2017.08.001>

11. Alia C, Spalletti C, Lai S, Panarese A, Lamola G, Bertolucci F, et al. Neuroplastic Changes Following Brain Ischemia and their Contribution to Stroke Recovery: Novel Approaches in Neurorehabilitation. *Frontiers in Cellular Neuroscience* [Internet]. 2017 [citado 1 Feb 2021];16:11:76. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28360842/>
12. Waddell KJ, Birkenmeier RL, Bland MD, Lang CE. An exploratory analysis of the self-reported goals of individuals with chronic upper-extremity paresis following stroke. *Disabil Rehabil* [Internet]. 2016 [citado 1 Feb 2021];38(9):853-7. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4809414/>
13. Kleim JA, Jones TA. Principles of experience-dependent neural plasticity: implications for rehabilitation after brain damage. *Journal Speech Language, Hearing Research* [Internet]. 2008 [citado 19 Ago 2020];51(1):S225-S39. Disponible en: https://pubs.asha.org/doi/abs/10.1044/1092-4388%282008/018%29?rfr_dat=cr_pub++0pubmed&url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori%3Arid%3Acrossref.org
14. Nielsen JB, Willerslev-Olsen M, Christiansen L, Lundbye-Jensen J, Lorentzen J. Science-based neuro rehabilitation: recommendations for neuro rehabilitation from basic science. *J Mot Behav* [Internet]. 2015 [citado 19 Ago 2020];47(1):7-17. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00222895.2014.931273>
15. Nudo RJ. Mechanisms for recovery of motor function following cortical damage. *Curr Opin Neurobiol* [Internet]. 2006 [citado 19 Ago 2020];16(6):638-44. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959438806001449>
16. Nishibe M, Urban ET, Barbay S, Nudo RJ. Rehabilitative training promotes rapid motor recovery but delayed motor map organization in a rat cortical ischemic infarct model. *Neurorehabil Neural Repair* [Internet]. 2015 [citado 19 Ago 2020];29(5):472-82. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1545968314543499>
17. Bolognini N, Russo C, Edwards DJ. The sensory side of post-stroke motor rehabilitation. *Restorative Neurol Neurosci* [Internet]. 2016 [citado 19 Ago 2020];34(4):571-86. Disponible en: <https://content.iospress.com/articles/restorative-neurology-and-neuroscience/rnn150606>
18. Brunner I, Skouen JS, Hofstad H, Abmuss J, Becker F, Pallesen H, et al. Is upper limb virtual reality training more intensive than conventional training for patients in the subacute phase after stroke? An analysis of treatment intensity and content. *BMC neurology* [Internet]. 2016 [citado 19 Ago 2020];16(1):219. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12883-016-0740-y>
19. Patel N, Jankovic J, Hallett M. Sensory aspects of movement disorders. *The Lancet Neurology* [Internet]. 2014 [citado 19 Ago 2020];13(1):100-12. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1474442213702138>
20. Kiper P, Szczudlik A, Agostini M, Opara J, Nowobilski R, Ventura L, et al. Virtual reality for upper limb rehabilitation in sub-acute and chronic stroke: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* [Internet]. 2018 [citado 19 Ago 2020];99(5):834-42. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003999318300996>
21. 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 of Systematic Reviews* [Internet]. 2012 [citado 19 Ago 2020];6. Disponible en: <https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD006876.pub3/pdf/full>
22. Zhang C, Li-Tsang CW, Au RK. Robotic approaches for the rehabilitation of upper limb

- recovery after stroke: a systematic review and meta-analysis. *International Journal Rehabilitation Research*. [Internet]. 2017 [citado 19 Ago 2020];40(1):19-28. Disponible en: <https://www.ingentaconnect.com/content/wk/ijrre/2017/00000040/00000001/art00003>
23. Veerbeek JM, Langbroek-Amersfoort AC, Van Wegen EE, Meskers CG, Kwakkel G. Effects of robot-assisted therapy for the upper limb after stroke: a systematic review and meta-analysis. *Neurorehabil Neural Repair* [Internet]. 2017 [citado 19 Ago 2020];31(2):107-21. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1545968316666957>
24. Hsieh Y, Lin K, Wu C, Shih T, Li M, Chen C. Comparisson of proximal versus distal upper-limb robotic rehabilitation on motor performance after stroke: a cluster-controlled trial. *Scientific reports* [Internet]. 2018 [citado 1 Feb 2021];8(1):2091. Disponible en: <https://www.cochranelibrary.com/central/doi/10.1002/central/CN-01658944/full>
25. Lledó LD, Díez JA, Bertomeu-Motos A, Ezquerro S, Badesa FJ, Sabater-Navarro JM, et al. A Comparative Analysis of 2D and 3D Tasks for Virtual Reality Therapies Based on Robotic-Assisted Neurorehabilitation for Post-stroke Patients. *Frontiers in Aging Neuroscience* [Internet]. 2016 [citado 1 Feb 2021];8:205. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4999455/>
26. Babaiasl M, Mahdioun SH, Jaryani P, Yazdani M. A review of technological and clinical aspects of robot-aided rehabilitation of upper-extremity after stroke. *Disability and Rehabilitation: assistive Technology*. [Internet]. 2016 [citado 19 Ago 2020];11(4):263-80. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3109/17483107.2014.1002539>
27. Federación Española del Ictus [Internet]. Barcelona: FEI; c2006-2017; [actualizado 20 Ene 2016; citado 15 Nov 2017]. Disponible en: <https://ictusfederacion.es/infoictus/codigo-ictus/>.
28. Lang CE, Bland MD, Bailey RR, Schaefer SY, Birkenmeier RL. Assessment of upper extremity impairment, function, and activity after stroke: foundations for clinical decision-making. *Journal Hand Therapy* [Internet]. 2013 [citado 19 Ago 2020];26(2):104-15. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0894113012000749>
29. Rong W, Li W, Pang M, Hu J, Wei X, Yang B, et al. A Neuromuscular Electrical Stimulation (NMES) and robot hybridsys temformulti-joint coordinated upper limb rehabilitation after stroke. *Journal Neuroengineering Rehabilitation* [Internet]. 2017 [citado 19 Ago 2020];14(34). Disponible en: <https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12984-017-0245-y>
30. Cai J, Ji Q, Xin R, Zhang D, Na X, Peng R, et al. Contralesional cortical structural reorganization contributes to motor recovery after sub-cortical stroke: a longitudinal voxel-based morphometry study. *Front Hum Neurosci* [Internet]. 2016 [citado 19 Ago 2020];10. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2016.00393/full>
31. Orihuela-Espina F, Roldan GF, Sanchez-Villavicencio I, Palafox L, Leder R, Sucar LE, et al. Robot training for hand motor recovery in subacute stroke patients: A randomized controlled trial. *J Hand Ther* [Internet]. 2016 [citado 1 Feb 2021];29(1):51-7. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26847320/>

Conflicto de intereses.

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses para la publicación del artículo.

Citar como: Noa Pelier BY, Torres Aguilar M, Nodarse Rabelo Y. Terapia robótica en la rehabilitación del miembro superior hemipléjico en pacientes con enfermedad cerebrovascular. *Medimay* [Internet]. 2021 [citado: fecha de acceso];28(1):132-41. Disponible en: <http://www.medimay.sld.cu/index.php/rcmh/article/view/1952>

Contribución de autoría.

Participación según el orden acordado por cada uno de los autores de este trabajo.

Autor

Bárbara Yumila Noa Pelier:

Maidané Torres Aguilar:

Jenny Nodarse Rabelo:

Contribución

Conceptualización, visualización, redacción (borrador original, revisión y edición).

Conceptualización, redacción (borrador original, revisión y edición).

Redacción (borrador original, revisión y edición).

Este artículo se encuentra protegido con [una licencia de Creative Commons Reconocimiento- No Comercial 4.0 Internacional](#), los lectores pueden realizar copias y distribución de los contenidos, siempre que mantengan el reconocimiento de sus autores.

