

# Aplicación de la alta tecnología en lesiones neurológicas para el proceso de rehabilitación.



## *Application of high technology in neurological injuries for the rehabilitation process.*

Cyndi Meneses Castaño | Fisioterapeuta | Docente de la Escuela Colombiana de Rehabilitación | cmeneses@ecr.edu.co

Betsy Jaramillo | Fisioterapeuta | Mobility Group

Paola Penagos | Fisioterapeuta | Docente de la Escuela Colombiana de Rehabilitación

### RESUMEN

Los trastornos neurológicos afectan a millones de personas en el mundo. El sistema nervioso integra capacidades sensorio-perceptivas, conciencia, cognición, aprendizaje, lenguaje y control motor; por lo que una alteración en el mismo tendrá como resultado disfunción en algunas o en todas estas capacidades. La alta tecnología disponible en nuestros días nos puede ayudar en la intervención terapéutica para recuperar función motora y sensitiva, siendo necesario realizar estudios que determinen la aplicabilidad de la alta tecnología en lesiones neurológicas durante el proceso de rehabilitación.

**Objetivo:** Identificar las principales aplicaciones de la alta tecnología en los pacientes con alteraciones neurológicas.

**Método:** La investigación incluyó 130 artículos de los cuales 59 cumplieron los criterios de inclusión para lo cual se hizo un proceso de búsqueda 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), búsquedas realizadas en el periodo 25 de noviembre del 2018 al 25 de abril del 2019.

**Resultados:** Existen diferentes estrategias de intervención mediados por la alta tecnología. Las intervenciones que utilizan alta tecnología mejoran significativamente los resultados en las escalas de función motora ( $p < 0.01$ ) y en las escalas de actividad ( $p < 0.01$  para Motor Assessment Scale (MAS), Manual Function Test (MFT) y WolfMotor Function (WMFT-habilidad), y  $p < 0.05$  (WMFT-tiempo), lo que determina beneficios claros relacionados con el entrenamiento asistido por dispositivos robóticos y realidad virtual.

**Conclusión:** Es necesario resaltar que la implementación de la alta tecnología en rehabilitación ha demostrado tener un destacado nivel de efectividad en la mejora de la capacidad funcional de sujetos con lesión neurológica y podemos elegirla como una estrategia que permite ampliar la participación social de las personas con discapacidad en los ámbitos culturales, recreativos y deportivos entre otros.

**Palabras clave:** Alta tecnología, rehabilitación, lesión neurológica.

## ABSTRACT

*Neurological disorders have affected millions of people in the world, because nervous system integrates sensorial perceptual abilities, consciousness, cognition, learning, language and motor control. It is necessary to carry out studies that determine the applicability of high technology in neurological injuries for the rehabilitation process.*

**Objective:** Identify the main applications of high technology in patients with neurological disorders.

**Method:** The research included 130 articles, 59 met the inclusion criteria so a scientific literature search process was carried out in PubMed, Central Cochrane Registry of Controlled Clinical Trials - CENTRAL, LILACS, Scielo, as well as, in the virtual libraries, ScienceDirect, ProQuest, SpringerLink, BioMed Central, Occupational Therapy Systematic Evaluation of Evidence (OTSEEKER), Physiotherapy Evidence Database (PEDro), searches was carried out in the period November 25, 2018 to April 25, 2019.

**Results:** There are different intervention strategies mediated by high technology around motor function  $P < .01$ , activity scales  $P < .01$  for MAS, MFT and WMFT-ability, and  $P < .05$  WMFT-time, showing different evolutionary patterns in measurements of function and activity, which determines

*clear benefits related to training assisted by robotic devices and virtual reality.*

**Conclusion:** *It is necessary to highlight that the implementation of high technology in rehabilitation has demonstrated an outstanding level of effectiveness in the functional capacity of subjects with neurological injury, chosen as a strategy that allows to expand the social participation of people with disabilities in cultural areas, recreational, sports among others.*

**Keywords:** High technology, rehabilitation, neurological injury.

## INTRODUCCIÓN

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), los trastornos neurológicos son enfermedades del sistema nervioso central y periférico. Es decir, del cerebro, la médula espinal, los nervios craneales, periféricos, las raíces nerviosas, el sistema nervioso autónomo, la placa neuromuscular, y los músculos.

Entre los trastornos descritos por la OMS encontramos epilepsia, enfermedad de Alzheimer, otras demencias, enfermedades cerebrovasculares tales como los accidentes cerebrovasculares, esclerosis múltiple, enfermedad de Parkinson, infecciones neurológicas, tumores cerebrales, afecciones traumáticas del sistema nervioso tales como los traumatismos craneoencefálicos, y trastornos neurológicos causados por la desnutrición.

A nivel mundial el número de personas con algún tipo de discapacidad es mayor a mil millones, es decir, un 15% de la población mundial; cifra que tiende a aumentar por el incremento de enfermedades crónicas y el envejecimiento (Knights et al, 2016). En Colombia, la población total de personas con discapacidad se encuentra en alrededor de 2.149.710, correspondiente al 4,7% de la población según el Departamento Administrativo Nacional de Estadís-

tica (DANE); por otra parte, el grupo de edad más afectado es el de las personas mayores de 60 años, representando un 47% de la población (Meneses et al, 2015). La mayor causa de discapacidad reportada en el Sistema Integral de Información de la Protección Social (SISPRO), para el 2011, es la enfermedad general (44,78%), seguida de la accidentalidad (17,28%), la alteración genética y hereditaria (15,09%). La alteración predominante es la permanente del cuerpo, manos, brazos y piernas que afecta a 543.213 personas según el Registro de localización y caracterización de personas con discapacidad (RLCPD) (Meneses et al., 2018).

Los trastornos neurológicos afectan a millones de personas en el mundo. Teniendo en cuenta que el sistema nervioso tiene funciones fundamentales para la vida debido a que integra capacidades sensorio perceptivas, conciencia, cognición, aprendizaje, lenguaje y control motor lo que nos permite relacionarnos con el medio, las enfermedades que afectan anatómica o fisiológicamente al sistema nervioso impactan de una forma importante no solo de forma individual sino de forma comunitaria (Prange et al, 2015). Teniendo en cuenta lo antes mencionado, diferentes disciplinas trabajan para disminuir la discapacidad, mejorar la calidad de vida y aumentar la participación social de estos pacientes.

El uso de la tecnología en Rehabilitación apareció en la Segunda Guerra Mundial (1939- 1945), con el pionero James Reswick, quien diseñó elementos e instrumentos con el propósito de posibilitar independencia a personas con discapacidad. Este uso fue creciendo hasta convertirse en un proceso interdisciplinario y multidisciplinario que progresa desde la baja tecnología con la revolución industrial hasta la alta tecnología: robótica, biónica y la realidad virtual centrada en el ser humano, la función y funcionamiento, generando procesos de rehabilitación que potencian la capacidad de aprendizaje e integren los

aspectos emocionales, cognitivos y motores a través de mecanismos de neuroplasticidad (Marchal-Crespo, 2009).

La Neurorrehabilitación se basa en dos supuestos básicos, los cuales tienen una relación directa y transversalizan el proceso, estos son los principios del aprendizaje motor y la capacidad de aprendizaje, es aquí en donde la alta tecnología que incluye la robótica, la biónica y la realidad virtual genera un aporte importante ya que permite trabajar con alta intensidad, repetición, motivación, dosis, confiabilidad, cuantificabilidad y flexibilidad, lo cual mejora el desempeño generando aprendizaje con posterior desarrollo de la habilidad y control motor. Estos aspectos tienen una relación directa con el proceso de neuroplasticidad. Estos procesos se han podido cuantificar permitiendo generar evidencia (Amoni et al, 2018). Por medio de la medición objetiva y facilitación del proceso de aprendizaje se potencia la función y funcionamiento impactando en la disminución de la discapacidad de estos pacientes (Reinkensmeyer et al, 2012).

A razón de lo anterior surge la necesidad de documentar una revisión literaria sobre la aplicación de alta tecnología en lesiones neurológicas para el proceso de rehabilitación.

## METODOLOGÍA

Se llevó a cabo la construcción del referente teórico de la investigación, para lo cual se hizo un proceso de búsqueda 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), dichas búsquedas se realizaron en el periodo comprendido entre el 25 de noviembre del 2018 al 25

de abril del 2019; los criterios de inclusión fueron: ensayos controlados aleatorizados realizados, estudios experimentales y revisiones sistemáticas sobre alta tecnología en pacientes con lesiones neurológicas en un rango de edad de los 14 años en adelante. Se realizó la evaluación de la calidad metodológica de los artículos mediante las estrategias CONSORT para los ensayos controlados aleatorizados y PRISMA para las revisiones sistemáticas.

## RESULTADOS

En total se seleccionaron 130 artículos para la revisión entre ensayos controlados aleatorizados, revisiones sistemáticas y estudios experimentales. Para la elección de dichos artículos se tuvieron en cuenta las palabras claves y los criterios de inclusión. Se realizó el análisis de los datos en tres fases, la primera la recolección y clasificación de la información por medio de una matriz. La segunda fase consistió en la evaluación de la calidad metodológica de los artículos; quedando 59 artículos en la tercera fase para la elección y categorización.

De los 59 estudios identificados corresponden al periodo comprendido entre 2003-2019 y a publicaciones realizadas en Estados Unidos (22 artículos), España (19 artículos), Reino Unido (13 artículos), Holanda (5 artículos) y Colombia (2 artículos). 41 fueron ensayos clínicos controlados aleatorizados, 10 fueron revisiones sistemáticas, 8 fueron estudios experimentales.

Con respecto a los cambios obtenidos en la función motora en las diferentes alteraciones neurológicas durante el proceso de rehabilitación, la revisión de la literatura señala que los dispositivos robóticos se han convertido en una alternativa prometedora que permite una cuantificación medible y confiable de los objetivos del tratamiento terapéutico. Las medidas repetidas ANOVA mostraron una mejora significativa (efecto de tiempo) para todas las escalas de fun-

ción motora ( $P < .01$  para FM y MI) y escalas de actividad ( $P < .01$  para MAS, MFT y WMFT-habilidad, y  $P < .05$  WMFT-tiempo), así como el análisis post-hoc (Bonferroni) mostrando diferentes patrones evolutivos para las mediciones de función y actividad, lo que determina beneficios claros relacionados con el entrenamiento asistido por terapia robótica.

En relación con el uso de tecnología mediada por exoesqueletos se pudo determinar que su efectividad está vinculada con su potencialidad de recrear la capacidad del cuerpo para moverse sin problemas en terrenos variados a diferentes velocidades lo que suple de forma terapéutica el funcionamiento de una o varias partes del cuerpo. Se muestran resultados significativos con el uso de exoesqueletos para miembro superior e inferior; dispositivos con conceptos definidos que brindan al paciente los movimientos, junto con sofisticados algoritmos de control para ajustarse a lo complejo del movimiento del paciente y su entorno para adaptarse a las actividades de la vida diaria. Finalmente, los estudios revisados permiten reconocer la importancia de la Clasificación Internacional del Funcionamiento, Discapacidad y Salud (CIF) como herramienta fundamental para la conceptualización del “abordaje de la salud” en el campo de la neurorrehabilitación. Desde esta óptica se señala la necesidad de realizar estudios cerebrales que evalúen la efectividad de la tecnología mediada por dispositivos robóticos o de realidad virtual en los patrones de activación cerebral y el efecto de sus parámetros de entrenamiento en los cambios a corto o largo plazo para la función cerebral.

## DISCUSIÓN

Los 59 artículos incluidos en esta investigación permitieron dar cumplimiento al objetivo general de identificar el uso de alta tecnología en lesiones neurológicas para el proceso de rehabilitación. Se encontró que

se usaron estrategias de abordaje tales como terapia robótica y realidad virtual. En su mayoría se encontró evidencia relacionada con pacientes después de un accidente cerebrovascular; parálisis cerebral, lesiones de la médula espinal y otras patologías, encontrándose una gran variedad de beneficios asociados con intervenciones de realidad virtual, con mejora de las funciones motoras y una mayor participación en la comunidad, así como progresos en el funcionamiento de tipo psicológico y cognitivo.

De acuerdo a los hallazgos reportados en este estudio, se apoya la hipótesis que las tareas complejas realizadas en un contexto dinámico y motivador donde el proceso de rehabilitación sea mediado por la tecnología pueden ayudar a mejorar la función psicosocial de la población estudiada.

Este proceso es explicado por los cambios anatómicos y funcionales del sistema nervioso que fueron sustentados dentro de las investigaciones llevadas a cabo por Shin et al., (2014) quienes plantean que la realidad virtual puede considerarse una estrategia que actúa como promotora de la plasticidad cerebral a través de movimientos repetitivos y a la resolución de tareas que requieren funciones específicas. La realidad virtual implica el uso de la tecnología en tres dimensiones, con un escenario informático, lo que permite al individuo interactuar con el entorno. Este procedimiento aumenta la velocidad de conducción de las neuronas espejo, logrando de esta manera cambios en la sináptogénesis y en la arborización dendrítica.

Otro aspecto relevante relacionado con la neuroplasticidad ha sido planteado por Nudo (2003) quien asegura que esta puede ser promovida a través de estimulación de canales sensitivos o por medio de la repetición de patrones de movimiento prefuncionales. Estos dos elementos ha sido ampliamente descritos con diversos recursos tecnológicos particularmente con prototipos para la rehabilitación de la mano que utilizan sistemas de retroalimentación, visuales, auditivos y propioceptivos en la ejecución de movimientos complejos de la extremidad superior que requieren una gran destreza como el agarre o la pinza (Hesse et al, 2003).

En Colombia en el grupo poblacional de 0-15 años, las afectaciones del sistema nervioso constituyen la primera causa de discapacidad (47%). Una situación similar se presenta en el rango de edad entre 15 a 64 años, con un porcentaje del 32% del total de los casos.

Este importante número de personas con discapacidad de origen neurológico se ha convertido en una prioridad en la prestación de servicios de salud a nivel global, particularmente en la selección y aplicación de estrategias de intervención que permitan obtener resultados positivos, optimizando el uso del recurso disponible. A razón de lo anterior; las investigaciones han demostrado que los métodos de rehabilitación apoyados en el uso de alta tecnología se han convertido en una herramienta altamente eficiente para la mejora de las condiciones de vida y de salud de los pacientes neurológicos (Sinkjaer, 2009).

## CONCLUSIONES

Los resultados derivados de esta revisión documental permiten dilucidar en primera instancia cómo la aplicación de la tecnología en los procesos de rehabilitación permite dar respuesta a un importante problema de salud pública no sólo a nivel mundial, sino también en Colombia. Las lesiones neurológicas constituyen una de las primeras causas de morbilidad, mortalidad y discapacidad permanente en niños y adultos. Este aspecto permite afianzar uno de los retos actuales frente al objeto disciplinar y pertinencia social de la fisioterapia desde la perspectiva del funcionamiento humano a través del ciclo vital, así como al direccionamiento de las lecturas de las problemáticas en salud desde los perfiles epidemiológicos.

De acuerdo a las investigaciones, no se reporta un único mecanismo que pueda sustentar los procesos de restauración de las estructuras neuroanatómicas después de la lesión cerebral. Las estrategias de intervención orientadas a la tarea sustentan que la repetición de movimientos en contextos significativos puede inducir cambios en la corteza, teoría que apoya la recuperación de la función motora como respuesta a la plasticidad cerebral.

Otro aspecto importante que emerge de esta revisión es la variedad del recurso tecnológico. Hasta hace algunos años en los países de bajos ingresos, el acceso a los recursos tecnológicos estaba limitado por aspectos como los altos costes de los equipos, la baja oferta, así como, la falta de personal entrenado para el manejo de estos. En la actualidad, el acceso a los

dispositivos y tecnologías de apoyo, es asumido como parte de los procesos de rehabilitación integral, lo que fue consagrado en la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (artículos 20 y 26). La resolución WHA58.23 de la Asamblea Mundial de la Salud y las Normas Uniformes sobre la igualdad de oportunidades para las personas con discapacidad destaca de forma complementaria la necesidad de promover el acceso de tecnologías a un coste asequible y a la formación de profesionales competentes en los servicios de habilitación y rehabilitación, aspecto que permite ampliar la democratización en el uso de estos dispositivos, al tiempo que propone un reto profesional desde el objeto de estudio de la Fisioterapia para su implementación en diversos campos y áreas de acción.

Es necesario resaltar que la implementación de la alta tecnología en rehabilitación ha demostrado tener un destacado nivel efectividad en la capacidad funcional de sujetos con lesión de origen neurológico, pero además se ha elegido como una estrategia que permite ampliar el radio de participación social de las personas con discapacidad en los ámbitos culturales, recreativos, deportivos, entre otros, por esta razón, es necesario generar nuevos productos de investigación en contextos específicos que trasciendan a su aplicación clínica.

## REFERENCIAS

1. Adamovich, S.V., Fluet, G. G., Tunik, E., & Merians, A. S. (2009). Sensorimotor training in virtual reality: a review. *NeuroRehabilitation*, 25(1), 29-44.
2. Arnoni, J. L. B., Verdério, B. N., Pinto, A. M. A., & Rocha, N. A. C. F. (2018). Effects of active videogame-based intervention on self-concept, balance, motor performance and adaptive success of children with cerebral palsy: preliminary study. *Fisioterapia e Pesquisa*, 25(3), 294-302.
3. DANE. (2005) Censo general 2005. Recuperado de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-general-2005-1>
4. Hesse S, Schmidt H, Werner C, Bardeleben A. (2003) Upper and lower extremity robotic devices for rehabilitation and for studying motor control. *Current Opinion in Neurology*; 16(6): 705-10.
5. Knights, S., Graham, N., Switzer, L., Hernandez, H., Ye, Z., Findlay, B., ... & Fehlings, D. (2016). An innovative cycling exergame to promote cardiovascular fitness in youth with cerebral palsy. *Developmental neuro-rehabilitation*, 19(2), 135-140.
6. Lum, P. S., Burgar, C. G., Shor, P. C., Majumdar, M., & Van der Loos, M. (2002). Robot-assisted movement training compared with conventional therapy techniques for the rehabilitation of upper-limb motor function after stroke. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 83(7), 952-959.
7. Marchal-Crespo, L., & Reinkensmeyer, D. J. (2009). Review of control strategies for robotic movement training after neurologic injury. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 6(1), 20.
8. Meneses, C., Peñaloza, Y., Pinzon, M., & Castellanos, J. (2015). Aplicación de la terapia robótica para el tratamiento de la mano espástica del adulto con hemiplejía. Artículo de revisión. *Rev Mex Med Fis Rehab*, 27(3-4), 80-85.
9. Meneses-Castaño, C., Peñaloza-Peñaranda, Y., Pinzón-Bernal, M. Y., & Castellanos-Ruiz, J. (2018). Aplicación de la terapia robótica para la función motora de la mano del adulto con hemiplejía. Revisión sistemática y metanálisis. *Fisioterapia*, 40(1), 36-43.
10. Nudo R. (2003) Adaptive plasticity in motor cortex: implications for rehabilitation after brain injury. *J Rehabilitation Medicine*; 41: 7-10.
11. Prange, G. B., Kottink, A. I., Buurke, J. H., Eckhardt, M. M., van Keulen-Rouweler, B. J., Ribbers, G. M., & Rietman, J. S. (2015). The effect of arm support combined with rehabilitation games on upper-extremity function in subacute stroke: a randomized controlled trial. *Neurorehabilitation and neural repair*, 29(2), 174-182.
12. Reinkensmeyer, D. J., & Boninger, M. L. (2012). Technologies and combination therapies for enhancing movement training for people with a disability. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 9(1), 17.
13. Shin JH, Ryu H, Jang SH. (2014) A task-specific interactive game-based virtual reality rehabilitation system for patients with stroke: a usability test and two clinical experiments. *J Neuroeng Rehabil*. 2014; 11:32
14. Sinkjaer T, Popovia DB. (2009) Neurorehabilitation Technologies-Present and Future Possibilities. *Neurorehabilitation*; 25: 1-3.
15. W.H.O. (World Health Organization): World report on disability. 2011. □