

¿Cuál es la razón del uso de la tecnología en neurorrehabilitación?



Eloy Opisso
Ingeniería Biomédica.
Oficina de Investigación
e Innovación.
Institut Guttmann.

La neurotecnología en rehabilitación, o tecnología de neurorrehabilitación, es un amplio concepto que incluye robótica, neuroestimulación eléctrica y magnética, interfaces cerebro-ordenador, realidad virtual y sensores portables o vestibles. Hablamos de un campo en rápida expansión que viene siendo investigado como complemento o herramienta de la neurorrehabilitación y que ya se está aplicando en la práctica clínica diaria.

Durante los últimos 25 años, se ha constatado que la eficacia de la terapia física y/o ocupacional convencional aplicada durante la neurorrehabilitación en pacientes con un ictus o una lesión medular apenas puede demostrarse en el contexto de la medicina basada en la evidencia. La fisioterapia convencional u ocupacional, en general, se ha llevado a cabo en poblaciones limitadas, con pocas evaluaciones objetivas y, mayoritariamente, sin una base científica sólida y transversal.

No obstante, en neurorrehabilitación, los enfoques óptimos, como el uso de

ensayos controlados aleatorios completos, son difíciles de implementar rigurosamente, debido a los efectos confusos de la recuperación espontánea de la función. Además, las comparaciones con los “controles”, es decir, los pacientes que no reciben ningún tratamiento, no se pueden realizar. Por lo tanto, los efectos cuantitativos de las terapias físicas y ocupacionales convencionales siguen siendo cuestionables. Algunos investigadores incluso han argumentado que quizás la terapia convencional no proporciona un beneficio real para la reducción del deterioro más allá del que ofrece la recuperación biológica espontánea por sí sola, excepto en la enseñanza de estrategias compensatorias a los pacientes mediante el aprendizaje motor^{1,2}.

Sin embargo, desde finales de la década de 1980 hasta principios de la década de 1990, varios desarrollos de investigación básica y clínica condujeron a cambios profundos en las intervenciones de la tecnología aplicada a la neurorrehabilitación. La investigación realizada en modelos animales mostró la capacidad de la rehabilitación para alterar tanto la conectividad neuronal como la función de movimiento después de la lesión. Estos ha-

llazgos, además, podían aprovecharse para restaurar la locomoción en el humano lesionado^{3,4}.

Estudios recientes que utilizan la neuroestimulación de la médula espinal a nivel epidural en animales y humanos muestran que dicha estimulación puede, además, aumentar la capacidad de respuesta de las redes neuronales de la médula espinal, lo que podría aumentar aún más los resultados posibles con el entrenamiento de la marcha⁵. Para la extremidad superior, experimentos realizados en monos que habían sufrido un infarto isquémico focal mostraron que el entrenamiento rehabilitador de la función de la mano evitó la pérdida de la representación cortical de la mano y se acompañó de ganancias funcionales⁶.

En un estudio de 2013, que lideró el Dr. Ramos-Murguialday, se concluyó que la inclusión de tecnologías de interfaces cerebro-ordenador en el entrenamiento intensivo de la extremidad superior en personas que habían sufrido un ictus inducía cambios funcionales más allá de la rehabilitación convencional con ortesis robóticas. Hoy en día existen ya muchos ejemplos de ortesis robóticas para extremidad inferior y superior, algunos incluso portables, como los exoesqueletos, tanto para la marcha como para la extremidad superior⁷.

Además de las terapias con robots, en los últimos treinta años y con el advenimiento de las tecnologías de la información y la comunicación, han surgido otro abanico de tecnologías que han ido incorporándose como posibles herramientas complementarias de la terapia convencional o incluso de terapias robóticas. Nuevas estrategias de análisis y procesamiento de señales, procesadores más pequeños y rápidos, nuevos avances en calidad de imagen y nuevos sensores inerciales han hecho posible interaccionar de una manera no conocida, hasta ahora, con el sistema nervioso central, además de conocer con más detalle los mecanismos fisiopatológicos que subyacen en las lesiones medulares y en el daño cerebral.

En algunos casos, las revisiones sistemáticas de los estudios clínicos de estas tecnologías avalan su efectividad

como complementos de la terapia convencional. Estas pueden ayudar a beneficiarse de los mecanismos de plasticidad neuronal después del daño del sistema nervioso central. Sin embargo, aún quedan muchas preguntas sin respuesta, debido a que existe mucha heterogeneidad en las respuestas individuales a ciertas intervenciones terapéuticas orientadas a restaurar la función perdida⁸.

Este texto precede a un conjunto de artículos que recogerán parte de lo debatido en las pasadas XXXI Jornadas Técnicas del Institut Guttmann tituladas “Neurotecnología y Rehabilitación”. Trataremos en ellos de la capacidad de los elementos electromecánicos o robóticos como potenciadores de la rehabilitación y de la necesidad de encontrar tanto los mejores candidatos como los mejores programas e intensidades de rehabilitación para obtener los mayores beneficios en las personas que necesitan neurorrehabilitación. La apuesta por la combinación entre neurorrehabilitación y tecnología es clara; tanto es así que el próximo mes de septiembre, el Instituto Universitario de Neurorrehabilitación del Institut Guttmann adscrito a la UAB, junto con la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Barcelona de la UPC, ampliará su oferta docente con un nuevo Master Universitario Oficial en Neuroingeniería y Rehabilitación

Adicionalmente, se profundiza en la idea de cómo la portabilidad y la especificidad en exoesqueletos para la rehabilitación de la marcha conlleva una ventaja y puede constituir una idea innovadora de donde surja una *startup* como ABLE Human Motion. También hablaremos de la realidad virtual como una herramienta útil, actual y con capacidad de evaluar e intervenir en escenarios virtuales que pueden ser utilizados para la rehabilitación motora. Presentaremos también la paradoja que significa la introducción de tecnología en nuestras vidas y, a su vez, la intención de que sea utilizada en una sociedad demográficamente con más personas mayores. Finalmente, veremos cómo el proyecto Seniorlab consigue conectar esta distancia a través de una comunidad de séniores innovadores que trabaja con las nuevas tecnologías.

1. J. W. Krakauer, «Motor learning: its relevance to stroke recovery and neurorehabilitation», *Curr. Opin. Neurol.*, vol. 19, n.o 1, pp. 84-90, feb. 2006.

2. S. Prabhakaran et al., «Inter-individual variability in the capacity for motor recovery after ischemic stroke», *Neurorehabil Neural Repair*, vol. 22, n.o 1, pp. 64-71, feb. 2008, doi: 10.1177/1545968307305302.

3. H. Barbeau y J. Fung, «The role of rehabilitation in the recovery of walking in the neurological population», *Curr. Opin. Neurol.*, vol. 14, n.o 6, pp. 735-740, dic. 2001.

4. H. Barbeau y S. Rossignol, «Enhancement of locomotor recovery following spinal cord injury», *Curr. Opin. Neurol.*, vol. 7, n.o 6, pp. 517-524, dic. 1994.

5. C. A. Angeli, V. R. Edgerton, Y. P. Gerasimenko, y S. J. Harkema, «Altering spinal cord excitability enables voluntary movements after chronic complete paralysis in humans», *Brain*, vol. 137, n.o Pt 5, pp. 1394-1409, may 2014, doi: 10.1093/brain/awu038.

6. R. J. Nudo, B. M. Wise, F. SiFuentes, y G. W. Milliken, «Neural substrates for the effects of rehabilitative training on motor recovery after ischemic infarct», *Science*, vol. 272, n.o 5269, pp. 1791-1794, jun. 1996, doi: 10.1126/science.272.5269.1791.

7. F. Molteni, G. Gasperini, G. Cannaviello, y E. Guanzoli, «Exoskeleton and End-Effector Robots for Upper and Lower Limbs Rehabilitation: Narrative Review», *PM R*, vol. 10, n.o 9 Suppl 2, pp. S174-S188, 2018, doi: 10.1016/j.pmrj.2018.06.005.

8. V. Dietz y K. Fouad, «Restoration of sensorimotor functions after spinal cord injury», *Brain*, vol. 137, n.o Pt 3, pp. 654-667, mar. 2014, doi: 10.1093/brain/awt262.