Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial

Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial 14 (2017) 346–354

www.elsevier.es/RIAI

Estado del Arte en Neurotecnologías para la Asistencia y la Rehabilitación en España: Tecnologías Fundamentales

Luis J. Barrios [a, *], Roberto Hornero [b], Javier Pérez-Turiel [c], José L. Pons [a, d], Joan Vidal [e], José M. Azorín [f]

[a] *Grupo de Neurorehabilitación, Instituto Cajal, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Av. Doctor Arce, 37, 28002 Madrid, España*
[b] *Grupo de Ingeniería Biomédica de la Universidad de Valladolid, E.T.S. Ingenieros de Telecomunicación, Paseo Belén, 15, 47011 Valladolid, España*
[c] *Fundación CARTIF, División Sistemas, Área de Ingeniería Biomédica, Parque Tecnológico de Boecillo 205, 47151 Boecillo, Valladolid, España*
[d] *Tecnológico de Monterrey, México*
[e] *Institut Guttmann, Hospital de Neurorrehabilitación, Camí de Can Ruti, s/n, 08916 Badalona, Barcelona, España*
[f] *Brain-Machine Interface Systems Lab, Universidad Miguel Hernández de Elche, Av. de la Universidad s/n, Ed. Innova, 03202 Elche, Alicante, España*

Resumen

Las neurotecnologías son aquellas tecnologías dirigidas al estudio del sistema nervioso o a mejorar su función. Estas tecnologías permiten extender el rango de tratamientos disponibles para la rehabilitación de funciones dañadas y proporcionan nuevas soluciones asistenciales para las funciones perdidas. En este artículo se revisan las neurotecnologías de asistencia y rehabilitación, en trastornos motores principalmente, se introduce una taxonomía que facilita su revisión sistemática, y se proporciona una visión global de los avances logrados en la investigación, desarrollo y aplicación en España de aquellas de sus tecnologías más básicas.

Palabras Clave:
Neurotecnologías, interfaces cerebro-computador, robótica, procesamiento de señal, estimulación eléctrica, sistemas biomédicos, rehabilitación, tecnologías de asistencia.

1. Introducción

El movimiento humano es el resultado del accionamiento del sistema musculo-esquelético, realizado por el sistema nervioso de forma coordinada. Para llevarlo a cabo de forma efectiva, éste se ayuda de la realimentación que le proporciona el sistema sensorial. El conjunto funciona como una maquinaria de precisión capaz de ejecutar movimientos armoniosos y proezas, como las que exhiben los grandes deportistas. Lamentablemente, la función motora también es susceptible de deteriorarse o, peor aún, perderse debido a traumatismos, enfermedades neuro-degenerativas y otros trastornos. El tratamiento médico convencional en estos casos consiste en la aplicación repetida de fuerzas y momentos mecánicos sobre el cuerpo del paciente para rehabilitar su movilidad.

Las tecnologías para la rehabilitación tuvieron su origen en los primeros tratamientos, mediante prótesis y ortesis, desarrollados para las disfunciones motoras causadas por la Segunda Guerra Mundial y la posterior epidemia de poliomielitis (DiGiovine *et al*, 2014). En la actualidad, las neurotecnologías permiten extender el rango de tratamientos rehabilitadores disponibles, mejorar posiblemente la efectividad de los convencionales, y proveer de soluciones asistenciales más allá de la rehabilitación clínica.

El propósito de este trabajo de revisión es presentar una visión representativa de los avances logrados en la investigación, desarrollo y aplicación en España de las neurotecnologías de asistencia y rehabilitación, en trastornos motores principalmente. El contenido de este artículo se organiza en cuatro secciones. En la sección 2 se presenta el concepto, papel y modalidades de las neurotecnologías. También se introduce una taxonomía, de carácter técnico, que permite presentar después las diferentes tecnologías de forma sistemática. En el nivel superior de la clasificación se distinguen dos grandes categorías: *tecnologías fundamentales* y *tecnologías auxiliares*. En la sección 3 se describen contribuciones de grupos de investigación españoles en la primera de ellas. Por último, en la sección 4 se resumen las principales conclusiones de este artículo. El trabajo de revisión se completa en un artículo complementario (Barrios *et al.*, 2017), que cubre las tecnologías auxiliares, la trasferencia tecnológica y la aplicación clínica de las neurotecnologías en España.

2. Neurotecnologías para asistencia y rehabilitación

Se denomina neurotecnología a cualquier tecnología dirigida, fundamentalmente, al estudio del sistema nervioso o a mejorar su función. Las neurotecnologías se diseñan con el fin de proveer de herramientas eficaces tanto a la investigación, como a las tareas clínicas de diagnosis y tratamiento. Así, existen neurotecnologías

* Autor en correspondencia.
Correos electrónicos: L.barrios@csic.es (Luis J. Barrios), robhor@tel.uva.es (Roberto Hornero), javper@cartif.es (Javier P. Turiel), jose.pons@csic.es (José L. Pons), jvidal@guttmann.com (Joan Vidal), jm.azorin@umh.es (José M. Azorín)

© 2016 CEA. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)
http://dx.doi.org/10.1016/j.riai.2017.06.003
Disponible en www.sciencedirect.com

para analizar y comprender el sistema nervioso y su función, para registrar distintas manifestaciones de su actividad, para valorar su funcionamiento, y para llevar a cabo la reparación o compensación de sus funciones.

Atendiendo a los distintos principios de diseño y operación se pueden distinguir diferentes tipos de neurotecnologías Una gran parte de éstas corresponden a modalidades físicas. Otras se basan en principios bioquímicos, o en propiedades de materiales. El presente artículo se focaliza en las primeras.

En la modalidad física existen tanto neurotecnologías desarrolladas específicamente para la rehabilitación y la asistencia, como otras que, aun teniendo una utilidad más general, se adaptan para aplicarlas a esta misma finalidad. Estas neurotecnologías se combinan, en ocasiones, con otras tecnologías, también de naturaleza física, dirigidas a los sistemas sensorial y musculo-esquelético, de los que el sistema nervioso es inseparable. En última instancia, todas ellas se sustentan o complementan con tecnologías de carácter general que completan el universo de las empleadas en rehabilitación y asistencia. Las tecnologías de los dos primeros grupos conforman una categoría de orden superior, constituida por aquellas tecnologías que resultan fundamentales para la función rehabilitadora o asistencial. De forma análoga, las de los dos últimos grupos configuran la categoría de las tecnologías auxiliares. A continuación, se describen someramente estos cuatro grupos de tecnologías.

2.1. Tecnologías específicas

Posiblemente, la neurotecnología más genuina es la de las interfaces neurales, puesto que sus dispositivos se desarrollan íntegra y específicamente para interaccionar con el sistema nervioso. En este cometido, las interfaces neurales se pueden emplear para registrar, procesar y estimular la actividad nerviosa. La interfaz neural más extendida es la interfaz cerebro-computador basada en electroencefalografía. Estas interfaces son sistemas de comunicación y/o control, capaces de remplazar a los nervios periféricos y músculos empleados para enviar mensajes al entorno y actuar sobre él, cuando éstos se encuentran dañados.

2.2. Tecnologías particularizadas

Algunas neurotecnologías provienen de particularizar al sistema nervioso, tecnologías que tienen un campo de aplicación mayor. Así, la robótica, la imagen médica, y la regulación de procesos fisiológicos, proporcionan dispositivos y técnicas para la robótica de rehabilitación y asistencia, la neuroimagen, la neuromodulación y la neuroestimulación. La primera se emplea en la reparación, refuerzo, y remplazamiento de funciones motoras perdidas o dañadas. Un ejemplo notable de esta neurotecnología son los exoesqueletos destinados a pacientes con trastornos motores debidos a ictus, o a lesiones medulares completas o incompletas. En rehabilitación y asistencia las tecnologías de neuroimagen, como la resonancia magnética funcional y la magnetoencefalografía juegan un papel de ayuda al estudio y a la valoración. La neuromodulación es la regulación de la actividad nerviosa por estimulación física o agentes químicos. Cuando este tratamiento se lleva a cabo mediante la aplicación de campos electromagnéticos o corrientes eléctricas se denomina neuroestimulación. Ejemplos de esta neurotecnología son la estimulación magnética transcraneal (TMS: *Transcraneal Magnetic Stimulation*) y la estimulación por corriente continua transcraneal (tDCS: *transcraneal Direct Current Stimulation*).

2.3. Tecnologías para los sistemas sensorial y musculo-esquelético

El sistema nervioso no está aislado. Por ello, en rehabilitación y asistencia no es extraño encontrar el uso combinado de alguna de las anteriores neurotecnologías con tecnologías dirigidas al sistema muscular, como la electromiografía, y/o al sistema sensorial, como la estimulación cutánea.

2.4. Tecnologías de soporte y complemento

Todas las tecnologías presentadas se sustentan sobre tecnologías más básicas y generales. La tecnología electrónica proporciona dispositivos de registro, de captación y trasmisión de señal, sistemas de medición, arquitecturas hardware de procesamiento, etc. La tecnología de señales y sistemas proporciona métodos de procesamiento de señal, integración sensorial, identificación de sistemas, reconocimiento de patrones, modelado, etc. Finalmente, las tecnologías de la información proporcionan soporte computacional para el procesamiento, transmisión y almacenamiento de datos, interfaces de usuario multimodales, entornos virtuales, etc.

3. Grupos de investigación en España en tecnologías fundamentales de asistencia y rehabilitación

En esta sección se describen, sin ánimo de ser exhaustivos, contribuciones de grupos de investigación españoles en las tecnologías descritas en las subsecciones 2.1 y 2.2.

3.1. Interfaces cerebro-computador

Una interfaz cerebro-computador (BCI: *Brain-Computer Interface*) se basa en registrar y procesar la actividad cerebral de la persona con la finalidad de traducirla en comandos de control sobre un dispositivo. En España hay un gran número de grupos cuya labor investigadora se encuadra en el desarrollo de interfaces cerebro-computador con aplicaciones en el ámbito de la rehabilitación y/o asistencia.

El Brain-Machine Interface Systems Lab de la Universidad Miguel Hernández de Elche (UMH) ha desarrollado diversas interfaces cerebro-computador, basadas en EEG, aplicadas a la rehabilitación y asistencia tanto de miembro superior como de miembro inferior. Para la rehabilitación del miembro superior, en el marco del proyecto Brain2Motion (DPI2011-27022-C02-01), financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad, la UMH ha desarrollado dos interfaces cerebro-computador, una basada en imaginación motora y otra basada en la detección de la intención de movimiento, que permiten controlar un exoesqueleto para mover el miembro superior de la persona, utilizando únicamente su actividad cerebral (Hortal *et al*., 2015b), ver figura 1. Además, ha realizado estudios relacionados con la decodificación de los parámetros cinemáticos del miembro superior (Ubeda *et al*., 2015). En relación con la rehabilitación del miembro inferior, en el marco del proyecto europeo BioMot (IFP7-ICT-2013-10-611695), financiado por el VII Programa Marco de la Comisión Europea, la UMH ha desarrollado una interfaz cerebro-computador para detectar el nivel de atención de la persona durante la marcha (Costa *et al*., 2016), una interfaz cerebro-computador que permite detectar obstáculos inesperados durante la marcha (Salazar-Varas *et al*., 2015) y una interfaz cerebro-computador que permite detectar el inicio y fin de la marcha (Hortal *et al*., 2016). Por otra parte, dentro del ámbito

Download English Version:

https://daneshyari.com/en/article/8050487

Download Persian Version:

https://daneshyari.com/article/8050487

Daneshyari.com