

CEREBRO, TECNOLOGÍA Y DISCAPACIDAD: EXPECTATIVAS Y CUESTIONES ÉTICAS

BRAIN, TECHNOLOGY AND DISABILITY: EXPECTANCIES AND ETHICAL ASPECTS

SAMUEL F. ROMERO GARCÍA
UNIVERSIDAD DE JAÉN

RESUMEN

En muchos de los casos de discapacidad sensorial, motora, orgánica o intelectual que conocemos, el sistema nervioso, y en especial el cerebro, está en el origen de la disfunción. Este complejísimo sistema es susceptible de fallos de diversa índole, que dan lugar a multitud de discapacidades con diferentes manifestaciones y efectos, entre ellos, afecciones que causan merma intelectual. A partir del conocimiento cada vez mayor del cerebro que proporcionan las neurociencias, y en combinación con diversas ingenierías como la informática, de materiales, electrónica y biomédica, surgen nuevas vías de desarrollo terapéutico, entre ellas la llamada "neuroingeniería". Su objetivo es restaurar funcionalidades dañadas mediante el uso de sistemas electrónicos que interactúan con el tejido nervioso del paciente. Muchos de estos sistemas se encuentran en fase de investigación, aunque presentan resultados esperanzadores. No obstante, su futuro uso deberá ser cuidadosamente sometido a criterios éticos, para evitar un uso inadecuado de estos recursos.

PALABRAS CLAVES

Discapacidad, cerebro, neuroingeniería, ética, tecnología

ABSTRACT

In much of the cases of intellectual, organic, motor or sensorial disabilities we know, the nervous system, and especially the brain, is at the origin of the impairment. This complex system is vulnerable to a variety of failures, yielding a multitude of disabilities with a number of signs and effects, some of them leading to intellectual depletion. The increasing knowledge regarding the brain, provided by neuroscience, in combination with a variety of engineering fields, as computing, materials, electronics and biomedicine, brings new therapeutic ways, as the so-called "neuroengineering". Its aim is to restore damaged functionalities by having electronic systems interact with the patient's nervous tissue. Many of these systems are still under research, nevertheless showing promising results. However, their future employment must be carefully submitted to ethical criteria, in order to avoid a misuse of these resources.

KEYWORDS

Disability, brain, neuroengineering, ethics, technology.

INTRODUCCIÓN

Si existe un elemento claramente diferenciador que nos distingue del resto de los seres vivos del planeta, ese es nuestro sistema nervioso, y especialmente nuestro cerebro. Si bien otras especies, en concreto los mamíferos superiores, comparten un diseño común en su órgano rector con nosotros, el nivel de desarrollo de nuestra especie se debe a la complejidad y el nivel evolutivo alcanzado por el encéfalo.

En otras especies animales existen órganos y sistemas extremadamente especializados que les confieren capacidades para asegurar su supervivencia (el vuelo en las aves, el camuflaje del camaleón, la visión térmica de ciertos ofidios), la estrategia que nos ha permitido perpetuar nuestra especie y dominar el planeta, se basa en la capacidad de adaptación que nos confiere nuestro cerebro. El desarrollo de nuestro órgano intelectual nos ha dotado de capacidad de abstracción, razonamiento, inteligencia aplicada a la resolución de problemas, comunicación avanzada, creatividad, etc. Esta capacidad especial nos ha conducido a crear herramientas, y desarrollar la tecnología, las ciencias, las artes, la medicina, etc. Esto implica que finalmente, podemos dotarnos externamente de capacidades innatas a otras especies, e incluso superarlas, gracias a nuestra inteligencia. Así, también podemos volar, camuflarnos o detectar fuentes de calor, usando los productos de nuestro intelecto.

Nuestro cerebro es un sistema tremendamente complejo. Con un peso medio de aproximadamente 1400 gramos, de los que el 77% es agua, se basa en la interconexión mediante señales electroquímicas de miles de millones de células nerviosas de distinto tipo. (Kandel, 2001)

De todas estas células, la más conocida es la neurona. Disponemos al inicio de la vida de unos cien mil millones de ellas, aunque se estima que cada día perdemos en torno a 85000. La cantidad de neuronas en el cerebro es comparable al número de estrellas que componen nuestra galaxia, la Vía Láctea. Cada neurona se comunica con sus vecinas mediante la liberación de mensajeros químicos en pequeños espacios denominados sinapsis, inducidos por impulsos eléctricos que viajan a lo largo de la célula. Cada neurona, dependiendo de su tipo y localización, puede hacer contacto hasta con varios miles de neuronas más, con lo que el total de conexiones cerebrales puede superar los cien billones (es decir, un uno seguido de 14 ceros).

El cableado que supone esta amalgama de fibras nerviosas alcanzaría los 180000 Km., si pusiésemos las neuronas en fila, longitud superior a cuatro vueltas a la tierra. Resulta asombroso que la evolución de nuestro cerebro haya podido empaquetar semejante amasijo de interconexiones en un volumen inferior al litro y medio.

La neurona, considerada protagonista del medio cerebral, no es la única célula que constituye nuestra masa pensante. Las células gliales son cincuenta veces más numerosas que las neuronas. Tradicionalmente se les ha atribuido una función relacionada con la nutrición de las neuronas, y para dar un soporte mecánico que las sostenga (de hecho, el término “glía” proviene del griego, en referencia a “pegamento”). Sin embargo, también se especula hoy en día con el papel que estas células pudieran tener en las funciones de cálculo que se realizan en el cerebro.

Comprender el funcionamiento y las disfunciones del cerebro a partir de este amasijo de células de muy diverso tipo, y de interconexiones en cantidades astronómicas es una tarea titánica. La neurociencia es una disciplina relativamente joven, en la que los medios tecnológicos modernos están siendo de gran utilidad en esta ardua misión de descifrar los mecanismos biológicos que subyacen a la conducta.

No podemos dejar de hacer mención al trabajo realizado hace ya un siglo por el Nobel español Santiago Ramón y Cajal, que, con medios muy rudimentarios, desveló las bases anatómicas de las células cerebrales, y sugirió, con gran acierto las funcionalidades que de ellas se podrían derivar. Muchos de los principios propuestos por Cajal siguen vigentes cien años después (Gamundí, 2006).

Una de las primeras preocupaciones históricas de la neurociencia fue dilucidar si las distintas funciones (y por ende, disfunciones) intelectuales podían corresponder a zonas localizadas del cerebro, o bien emergían de la acción conjunta de toda la masa cerebral.

Los conocimientos actuales indican que ambas condiciones son ciertas. Por una parte, existen áreas del cerebro cuya actividad se relaciona con una función específica intelectual, sensorial o motriz. Por otra, estas funciones localizadas acaban conectando diversas áreas cerebrales que de alguna forma intervienen en el desempeño de dicha tarea.

Así, sobre todo gracias al estudio de casos patológicos o traumáticos, se pudieron determinar las áreas cerebrales relacionadas con el lenguaje, la visión, la audición, el control motor, etc. De este

modo, por ejemplo, una disfunción en el área de Broca (áreas 44 y 45 de Brodmann) produce en el sujeto una discapacidad para articular o pronunciar frases y palabras (afasia expresiva), a pesar de que su conocimiento del lenguaje y su comprensión son adecuadas y su aparato fonador se encuentra en buenas condiciones. Igualmente, un paciente con daños en el área de Wernicke (área 22 de Brodmann) tendrá dificultades para comprender el lenguaje (afasia receptiva). (Kandel, 2001)

No sólo las funciones racionales (cálculo, comprensión, abstracción, etc.) y sensorimotoras tienen su sede en el cerebro. También a través de lesiones se ha podido observar el vínculo existente entre determinadas zonas del cerebro y el funcionamiento emocional del ser humano.

Es célebre en la literatura neurocientífica el caso de Phineas Gage, que en 1845 sufrió un accidente en el que una barrena le atravesó el cráneo, lesionando su corteza prefrontal. Repuesto del accidente, Gage no presentaba secuelas en su capacidad física apreciables ni merma de habilidad intelectual alguna. Sin embargo, todos pudieron notar un inexplicable cambio de humor, volviéndose más irascible, voluble y descuidado. Igualmente y tristemente famosas resultan las secuelas para el tratamiento de la depresión mediante la disección del cuerpo caloso, que une ambos hemisferios cerebrales (lobotomía), que produjo graves cambios en la personalidad de quienes la sufrieron.

Es claro, por tanto, que, si bien aún no conocemos todos los mecanismos biológicos que expliquen las conductas patológicas, y las discapacidades intelectuales, el estudio del sustrato cerebral podrá arrojar luz sobre estas cuestiones, y posteriormente ofrecer soluciones médicas para su tratamiento, usando distintos medios: terapia génica, farmacología, dispositivos neuroeléctricos, cirugía, programas de entrenamiento y rehabilitación, etc.

Podemos, por tanto, también hablar de una dimensión biológica o neurocientífica para la discapacidad intelectual. Al igual que ocurre para otras patologías, es de esperar que la neurociencia acabe dando respuesta y explicación a la serie de entidades que se engloban bajo la denominación de discapacidad intelectual, y que sea éste el punto de partida para el diseño de terapias específicas.

NEUROINGENIERÍA Y DISCAPACIDAD

Entre las distintas aproximaciones terapéuticas para la diversidad de afecciones que tienen su origen

en el sistema nervioso, empieza a destacar un nuevo campo de investigación conocido como “neuroingeniería”.

La Neuroingeniería trata de aunar conocimientos de neurociencias con el campo de la ingeniería en sus distintas ramas (de materiales, electrónica, informática, etc.) para crear dispositivos que se comuniquen con el sistema nervioso (Sanguineti, 2001).

Aprovechando el conocimiento cada vez más profundo y detallado del funcionamiento del cerebro y sistema nervioso periférico a distintos niveles (desde el disparo de neuronas individuales a la actividad en áreas amplias del cerebro), se propone el desarrollo de dispositivos que puedan extraer información del sistema nervioso, o bien introducir información desde el exterior al mismo.

Cuando estos dispositivos se desarrollan con fines terapéuticos, nos encontramos ante un campo de investigación creciente que ofrece resultados esperanzadores para el futuro tratamiento de diversas afecciones.

Algunos de estos sistemas ya se emplean de manera comercial en la clínica habitual. El caso más destacado son los implantes cocleares, que recogen el sonido y lo transforman en impulsos eléctricos que estimulan células de la cóclea, permitiendo, en determinados casos, la audición a personas con sordera.

De manera similar, multitud de grupos de investigación de todo el mundo trabajan en el desarrollo de neuroprótesis, es decir, de sistemas de neuroingeniería que reemplacen la funcionalidad perdida en determinados casos.

Entre los distintos sistemas destacamos los siguientes campos de investigación (Akay, 2007):

- Oído artificial (implantes cocleares)
- Neuroprótesis visuales para invidentes o pacientes con baja visión (campo en el que trabaja el autor de este artículo), (Romero, 2007)
- Miembros artificiales (brazos y manos robóticas controladas directamente por el sistema nervioso)
- Estimuladores de la vejiga para control de la micción en paraplejías.
- Marcapasos diafragmáticos para respiración autónoma
- Prótesis vestibulares para el sentido del equilibrio ante daños en el oído interno.
- Estimulación de centros profundos del cerebro para tratamiento del síndrome de Parkinson.
- Desarrollo de control de dispositivos mediante el pensamiento (registro de la corteza motora, siste-

mas basados en electroencefalograma, etc.) para permitir, por ejemplo a tetrapléjicos controlar una silla de ruedas o una vivienda domotizada.

• Etc.

También podemos destacar algunos casos en los que la aplicación tiene relación directa con algunos de los efectos típicos de la discapacidad intelectual.

Así, por ejemplo, el equipo de investigadores de la Universidad Pablo de Olavide, liderados por el Doctor José María Delgado, demostró que mediante microestimulación eléctrica del hipocampo en ratones eran capaces de modular sus capacidades de aprendizaje, dada la relación de este centro con la memoria de trabajo usada al aprender. De hecho, este trabajo ha sido reconocido por la prestigiosa revista *Science* como uno de los diez descubrimientos más destacados del año 2006. (Gruart, 2006).

Otro ejemplo es el trabajo de investigación que se lleva a cabo para estudiar cómo la estimulación eléctrica del nervio vago (VNS) puede ser un tratamiento para los casos de epilepsia, cuya incidencia en personas con discapacidad intelectual es sensiblemente superior a la del resto de la población. (Prasher, 2008).

En cualquier caso, los avances en la neurociencia para desvelar el funcionamiento, y por tanto las disfunciones, del cerebro y del sistema nervioso arrojarán luz sobre la naturaleza biológica de determinadas formas de discapacidad intelectual. De esta forma se dispondrá de una metodología terapéutica más acertada y eficaz.

Podremos observar avances en este aspecto, de la misma forma que ciertos trastornos no disponían de un tratamiento neurocientífico que ahora ya es posible (fármacos para la ansiedad, tratamiento de la depresión con estimulación cerebral profunda, etc.).

ASPECTOS ÉTICOS

Esta nueva ciencia, que se espera que ofrezca cada vez más soluciones a los distintos trastornos relacionados con el sistema nervioso, es, como el resto de ciencias e ingenierías, sometida al examen de la ética.

Así, los investigadores que trabajan en el desarrollo de estas herramientas neurotecnológicas deben someter su trabajo a la aprobación de los correspondientes comités de bioética de las instituciones en que investigan, amén del cumplimiento de la legislación vigente al respecto, en sus diferentes ámbitos (comunitario, nacional, autonómico).

Debemos, pues atenernos al cumplimiento de los cuatro principios básicos de la bioética (Junquera, 2008):

- Beneficencia
- No maleficencia (“primum non nocere”)
- Justicia
- Autonomía

Es decir, por un lado se habrá de buscar el bien del paciente. En estos casos, en los que la mayoría de los dispositivos se encuentran en fase de investigación, en ocasiones la aplicación de la terapia no supone beneficio alguno para el paciente. Ha de primar, por tanto el principio fundamental: no maleficencia. El paciente no deberá ser perjudicado por el dispositivo experimental. El principio de autonomía coloca al paciente como protagonista que, informado adecuadamente, decide sobre la conveniencia o no de recibir una determinada terapia, dando, pues un “consentimiento informado”. Tampoco habremos de perder de vista el principio de justicia: ¿serán nuestras futuras terapias y sistemas suficientemente asequibles o disponibles para todos?

Tal es la preocupación de la bioética por las cuestiones que afectan al cerebro y al sistema nervioso, que acudimos al nacimiento de una nueva rama denominada “Neuroética”. (Illes, 2005). Esta forma especializada de ética se plantea cuestiones tales como:

- ¿dónde está el límite entre la terapia y la mejora o aumento de capacidades?
- ¿sería justo que unas personas mejorasen sus capacidades cerebrales por encima de otras?
- ¿puede verse amenazada la privacidad por las nuevas tecnologías que analizan la actividad del cerebro (racismo, patrones de consumo, tendencias políticas, etc.)?
- ¿cuál sería la identidad de un individuo con un trasplante parcial o total de cerebro, si éste pudiese ser viable?

Podemos observar un fuerte debate al respecto de estas cuestiones. Existen casos en los que, por ejemplo, determinados grupos de pacientes sordos han rechazado el uso de implantes cocleares en niños por considerar que su afección no constituye trastorno alguno, sino una nueva forma de cultura (que incluye un lenguaje propio) que se vería amenazada por su consideración de enfermedad que necesita ser curada. (Hansson, 2005).

Universidades de prestigio de los Estados Unidos disponen ya de programas de doctorado especializados y centros de investigación relacionados con la Neuroética, y la literatura al respecto es creciente. (Gazzaniga, 2006).

DISCUSIÓN

En definitiva, el amanecer de las ciencias y tecnologías del cerebro nos reservan muchos avances que nos permitirán la comprensión de nuestra esencia y de nuestra ventaja competitiva frente a otras especies: el cerebro. Entre estos avances, se desvelarán los mecanismos relacionados con la discapacidad intelectual, y surgirán nuevas terapias y programas de tratamiento. Sin embargo, el desarrollo de estas nuevas ciencias e ingeniería deberá debatirse entre el crecimiento libre y el sometimiento a las normas éticas que eviten un uso pernicioso de estas tecnologías.

INSTITUCIÓN RESPONSABLE QUE SOPORTA LA INVESTIGACIÓN Y/O SOPORTE FINANCIERO (EN SU CASO)

Universidad de Jaén. Proyecto subvencionado UJA_08_16_10 del Plan Propio de la Universidad de Jaén.

AGRADECIMIENTOS

Parte del trabajo que en este artículo se menciona, en particular, lo referido a implantes visuales mediante neuroestimulación, ha sido financiada por los siguientes proyectos:

- CORTIVIS: Cortical Visual Neuroprosthesis For the Blind (Comisión Europea, ref. QLK6-CT-2001-00279).
- RETVIS: Desarrollo de un dispositivo retino-mórfico de alta resolución adaptado para baja visión y neuroprótesis visuales (IMSERO, ref. 150-RETVIS).
- DEPROVI: Diseño de sistemas empotrados para procesamiento de visión en tiempo real. Aplicaciones en medicina, vehículos y robots. (Plan Nacional, ref. DPI2004-07032).
- VISTA: Visual Implants Simulation for Therapy Advance (Plan propio de la Universidad de Jaén, ref. UJA_08_16_10).

BIBLIOGRAFÍA

- Gamundí, A., Ferrús, A. (2006). *Santiago Ramón Y Cajal. 100 Años Después* (1ª ed.). Madrid: Pirámide.
- Gazzaniga, M. (2006). *El cerebro ético*. (1ª ed.). Barcelona: Paidós,
- Gruart A., Muñoz M. D., y Delgado-García J. M. (2006). Involvement of the CA3-CA1 synapse in the acquisition

- tion of associative learning in behaving mice. *Journal of Neuroscience*, 26, 1077-1087.
- Hansson, S. O. (2005). Implant ethics. *Journal of Medical Ethics*, 31, 519-525.
- Illes, J. (Ed.) (2005). *Neuroethics: Defining the Issues in Theory, Practice and Policy*, Oxford: Oxford University Press.
- Junquera De Estefani, R. (Ed.) (2008). *Bioética Y Biode-recho: Reflexiones Jurídicas Ante Los Retos Bioéticos*. Granada: Comares.
- Kandel, E. (2001). *Principios de neurociencia*, (4ª ed.). Madrid: McGraw-Hill Interamericana de España.
- Prasher, V. P., Furlong E. y Weerasena L., (2008). Vagus Nerve Stimulation Therapy: An Intellectual Disabilities Perspective, En Prasher, V. P. y Kerr, M. P. (Ed. Vol.). *Epilepsy and Intellectual Disabilities*. (1ª ed., pp. 109-128). Londres: Springer.
- Romero, S., Pelayo, F., Morillas, Ch., Martínez, A., y Fernández, E. (2007). Reconfigurable Retina-Like Preprocessing Platform For Cortical Visual Neuroprostheses. En Akay, M (Ed. Vol.). *Handbook of Neural Engineering*, (1ª ed., pp 244-267). New Jersey: Wiley-IEEE Press.
- Sanguineti, V., Giugliano, M., Grattarola, M. and P. Morasso, (2001). Neuro-Engineering: from neural interfaces to biological computers. En Riva, G. y Davide, F. (Ed. Vol.). *Communications through virtual technologies: Identity, Community and Technology in the Communication Age*. (1ª ed, pp. 233-246). Amsterdam: IOS Press.

