

¿Has oído de los implantes neuronales?

Durante décadas, se han estudiado numerosas enfermedades del sistema nervioso que afectan de forma severa y permanente capacidades como la comunicación, el movimiento y la visión; como la enfermedad de Parkinson, la epilepsia y la esclerosis múltiple. Al mismo tiempo, se han buscado tratamientos para revertir estos efectos, entre los cuales destacan las prótesis, especialmente los implantes neuronales. Estos son dispositivos, típicamente electrodos de algún tipo, que se colocan dentro del cuerpo, particularmente sobre la corteza cerebral, e interactúan con las neuronas. De este modo, es posible registrar y enviar pulsos para concretar diversos fines, como la neuro modulación (Waltz, 2020).

En cuanto a su composición, los implantes contienen, además de electrodos, un sustrato y un empaque, que permiten la interacción con la corteza cerebral (Shi et al, 2020). La selección de materiales depende de ciertas condiciones. Algunos fluidos corporales tienen fases de resistencia a la corriente eléctrica alterna (que varía en el tiempo) durante un periodo de tiempo y, cuando esto ocurre, se dice que cuentan con impedancia, la cual depende de la cantidad de agua y la conducción iónica que tenga nuestro cuerpo. Se ha descubierto que el cerebro humano tiene una baja impedancia, por lo que los implantes neuronales también deben tenerla. Además, debido a la plasticidad cerebral, el implante debe estar constituido por materiales que tengan un bajo módulo elástico, es decir, que sean fácilmente moldeables y plegables. Asimismo, deberán estar constituidos por materiales con estabilidad química en el medio biológico, de modo que es importante conocer a fondo la bioquímica del cerebro para poder desarrollar correctamente los implantes.

Se requiere que los implantes cerebrales sean altamente biocompatibles, es decir, que no sean tóxicos ni produzcan respuesta inmunológica en tejidos, como inflamación y cicatrices gliales; entonces aumentarán las expectativas terapéuticas. Para saber si un biomaterial es biocompatible con el cerebro, se deben de llevar a cabo distintos experimentos, como la evaluación ex vivo, que consiste en poner el material en cultivos que están constituidos por cortes cerebrales. En este caso, la fibroína, particularmente de seda, es una proteína que ha demostrado tener una alta biocompatibilidad; además, es capaz de inducir la neurorregeneración (Moisenovich, 2019). Otro ejemplo, para el sustrato, es el polietilenglicol (PEG).

La elasticidad ha sido una propiedad muy aprovechada para facilitar la implantación. Para el sustrato y las cápsulas, se ha utilizado silicón, látex, dimeticona o poliimida, entre otros. Para los electrodos, se ha experimentado con nanotubos de carbono (CNT) y grafeno, pues permiten formar estructuras resistentes y eléctricamente eficientes, como mallas y patrones geométricos inspirados en técnicas tradicionales como el kirigami. Este consiste en generar patrones de corte en una hoja de papel, logrando así materiales inalterables que cuentan con mayor flexibilidad, y con ranuras que permiten una mejor circulación del líquido cefalorraquídeo, lo cual tiene como resultado un aumento en la biocompatibilidad.

Recientemente, se estudian materiales inteligentes con tecnologías como shape memory, que se ajusten a cambios mecánicos y puedan recuperar su estado original, y a su vez aseguren el rendimiento óptimo del implante. También se investigan aleaciones metálicas, incluso líquidas, como la de Galio-Indio (GaIn). Sin embargo, algunas presentan complicaciones para interactuar con

sistemas biológicos, por lo cual se ha optado por compuestos como los polímeros conductores en hidrogel (CPHs), que promueven la integración a los tejidos mediante la inmovilización de las biomoléculas superficiales o la liberación de sustancias. También se ha creado un arreglo de electrodos basado en un sustrato orgánico flexible, llamado NeuroGrid, cuyo nombre se debe a su estructura en forma de rejilla, que contiene 256 electrodos en un área de 10 μm x 10 μm ; sin comprometer la transmisión de señales y la biocompatibilidad (Shi et al, 2020).

Es claro que el desarrollo de implantes neuronales requiere el conocimiento de varias áreas, además de creatividad e innovación. Actualmente, aunque los alcances de los implantes neuronales todavía son limitados, estos ya tienen aplicaciones en el tratamiento de Parkinson y condiciones visuales y auditivas. Se vislumbra que, en el futuro, el uso de los implantes neuronales se extenderá gracias a los nuevos avances y esfuerzos de la ciencia. Está en proceso su aplicación como bypass cerebrales que mejoren la conducción de señales neuronales, de modo que reemplacen los circuitos neuronales de la memoria en personas que sufren de lesiones cerebrales como el Alzheimer, generando así memoria a largo plazo.

Referencias:

- [1] Moisenovich, M.M., Plotnikov, E.Y., Moysenovich, A.M. et al. (2019). *Effect of Silk Fibroin on Neuroregeneration After Traumatic Brain Injury*. *Neurochem Res* 44, 2261–2272. <https://doi.org/10.1007/s11064-018-2691-8>
- [2] Waltz, E. (2020). *How Do Neural Implants Work?* - IEEE Spectrum. IEEE Spectrum: Technology, Engineering, and Science News. <https://spectrum.ieee.org/the-human-os/medical-devices/what-is-neural-implant-neuromodulation-brain-implants-electroceuticals-neuralink-definition-examples>
- [3] Shi, Y., Liu, R., He, L., Feng, H., Li, Y., Li, Z. (2020). *Recent development of implantable and flexible nerve electrodes*. *Smart Materials in Medicine*, Volume 1, Pages 131-147, ISSN 2590-1834. <https://doi.org/10.1016/j.smaim.2020.08.002>.

Tags: Implantes neuronales, prótesis neuronales, electrodos implantables, biocompatibilidad, señales cerebrales, ingeniería de materiales, materiales inteligentes, NeuroGrid, kirigami, María José Monteagudo Candiani, Patricia Sánchez Romero.

Sobre las autoras:

Patricia Sánchez Romero. Estudiante de cuarto semestre de la Licenciatura en Ingeniería Biomédica en la Universidad de las Américas Puebla (UDLAP). Forma parte del Programa de Honores y realiza, junto con la Dra. Rocío Salazar Varas como mentora de tesis, un proyecto de investigación enfocado en el desarrollo de una Interfaz Cerebro-Computadora (BCI) que sirva como herramienta para el diagnóstico del trastorno depresivo mayor (MDD), mediante el procesamiento de señales electroencefalográficas y el uso de *machine learning*.



patricia.sanchezro@udlap.mx.

María José Monteagudo Candiani. Recién egresada de Licenciatura en la Universidad Instituto Tecnológico de Estudios Superiores y Monterrey en el campus Estado de México. Participante y miembro del equipo IGEM 2020 en su campus en el cual se está realizando un biosensor de microplásticos, IGEM es un concurso a nivel internacional de biología sintética. Participante de diversos cursos como impresión 3D de organoides, nanoelectrónica, biomateriales, microscopio electrónico de barrido, SPIONS, terapia celular e ingeniería genética por parte del Instituto AMCEP y del INA. Actualmente está laborando en una investigación sobre terapia génica y fabricación de vacunas editables utilizando cloroplastos, está colaborando en la Columna Científica organizada por la mesa de Nanotecnología e Ingeniería molecular de la UDLAP y es miembro del grupo estudiantil BIOTEC dentro de los roles de publicidad e investigación de generación de energía fotosintética. Participó en el congreso INASCON 2020 donde se expusieron avances en nanotecnología. A partir de 2021 es miembro de CION del Instituto de Nanotecnología Aplicada.

Tags: **María José Monteagudo Candiani, Patricia Sánchez Romero, implantes neuronales, biomedicina**