

# Tratamiento de la exposición de sistemas de estimulación cerebral profunda

Dr. Raymundo Priego Blancas,\* Dr. José Luis Haddad Tame,\*\* Dr. Rodolfo Castillo Calderón\*\*\*

## RESUMEN

La estimulación cerebral profunda tiene aplicaciones en el tratamiento de la enfermedad de Parkinson y de la epilepsia de difícil control. Es un procedimiento considerado como de invasión mínima, sin embargo no está exento de complicaciones, como la exposición de alguno de los componentes del sistema de neuroestimulación. Se estudiaron 21 pacientes con exposición de alguna parte del sistema de estimulación cerebral profunda colocado para tratar epilepsia en 51.7% y enfermedad de Parkinson en 42.9%. Se encontró que los sitios de exposición son tapón del trépano en 100%, electrodo 33.2%, conector 4.7%, extensión 14.2% y generador 14.2%. El número de cirugías fue de 83: cierre directo en 28, colgajos locales 27, colgajo local y fresado de tabla externa 10, colgajos libres 16 y colgajo pectoral 2. El porcentaje de recidiva en cada tipo de procedimiento fue para cierre directo 90%, colgajos locales 70.3%, colgajo local y fresado 10%, colgajos libres 6% y colgajo pectoral 50%. El 33% de los sistemas se retiraron. Con base en los tratamientos empleados se analiza la técnica de colocación y se proponen modificaciones a la misma para disminuir el riesgo de exposición del sistema de estimulación cerebral profunda.

**Palabras clave:** Electrodos, exposición, estimulación cerebral profunda, complicaciones, colgajos libres.

## INTRODUCCIÓN

La estimulación cerebral profunda tiene múltiples aplicaciones en padecimientos que hasta la fecha no tenían un pronóstico aceptable, mejorando la calidad

## SUMMARY

*Deep brain stimulation has applications in the treatment of epilepsy difficult to control and Parkinson disease. It is considered a process of minimum invasion; however, it is not exempt of complications, such as the exposure of any of the components of the deep brain stimulation system. Twenty one patients with exposure of any part of the deep brain stimulation system placed to treat epilepsy in 51.7% and Parkinson disease in 42.9% were studied. It was found that the sites of exposure are plug of the trepans 100%, electrode 33.2%, connector 4.7%, extension 14.2%, and generator 14.2%. The number of surgeries was 83: direct closure in 28, local flaps in 27, local flaps and milling of external table in 10, free flaps in 16, and pectoral flap in 2. The percentage of recurrence in each type of procedure was for direct closure 90%, local flaps 70.3%, local flap and milling 10%, free flaps 6%, and pectoral flap 50%. Thirty-three percent of the systems were withdrawn. Based on the treatments that were used, the placement technique and proposed changes are analyzed to reduce the risk of exposure of the system of deep brain stimulation.*

**Key words:** Electrodes, exposure, deep brain stimulation, complications, free flaps.

de vida de los pacientes de manera espectacular. El procedimiento consiste en la implantación por estereotaxia de un electrodo para estimular distintas zonas cerebrales mediante pulsos eléctricos, dependiendo del padecimiento.<sup>1</sup> Aunque ha probado su eficacia en dis-

\* Médico adscrito al Servicio de Cirugía Plástica y Reconstructiva del Hospital General de México.

\*\* Médico adjunto al Servicio de Cirugía Plástica y Reconstructiva del Hospital General de México.

\*\*\* Médico Especialista en Cirugía Plástica y Reconstructiva.

tintas enfermedades como crisis convulsivas de difícil control, o en la enfermedad de Parkinson, es un procedimiento costoso que presenta algunas complicaciones y es la exposición del sistema de estimulación la que puede tener mayor repercusión durante el tratamiento, aumentando desde el número de intervenciones quirúrgicas hasta la eventual pérdida del sistema.

El sistema de estimulación tiene varios componentes, cada uno de ellos presenta problemas de exposición a diferentes niveles.<sup>2,3</sup>

La estimulación de alta frecuencia por medio del contacto de un electrodo en los núcleos cerebrales profundos parece tener el mismo efecto que el bloqueo neuronal en la transmisión de una lesión en un núcleo estimulado. Por el momento, al menos en teoría, la estimulación pretende activar axones mielinizados, más que desactivarlos.<sup>4,5</sup> Los electrodos utilizados en la estimulación cerebral profunda en seres humanos presentan una gran superficie de contacto ( $6 \text{ mm}^2$ ). Los estímulos débiles activan axones mielinizados largos, mientras que un gran estímulo es necesario para la activación de cuerpos neuronales o axones pequeños. Los axones largos tienen una cronaxia pequeña (< 100  $\mu\text{s}$ ), esto es, que pueden ser excitados por estímulos con pulsos de corta longitud (Ej., 60  $\mu\text{s}$ ). También presentan un periodo refractario corto (2 ms aprox.), lo que significa que pueden soportar impulsos de alta frecuencia. La estimulación de los axones largos en frecuencias de 130 a 185 Hz genera impulsos a la misma frecuencia.<sup>1,7</sup>

El cable del electrodo se conecta a un aparato estimulador colocado a nivel subcutáneo en la región pectoral. El estimulador o generador de pulsos puede ser activado o desactivado electrónicamente, para los ajustes de frecuencia e intensidad de los pulsos eléctricos, con el fin de optimizar el control del padecimiento. Uno de los problemas funcionales al iniciar la estimulación incluye parestesias dolorosas transitorias y debilidad ocasional, que desaparecen durante los procesos de ajuste del generador de pulsos.<sup>8</sup>

El costo de la cirugía es mayor que un procedimiento ablativo, debido al material utilizado y la necesidad de ajustes frecuentes y esta última es su mayor ventaja, además de ser un procedimiento completamente reversible sin presentarse mayor lesión tisular a nivel cerebral que la del trayecto de los electrodos.<sup>4</sup>

Entre las desventajas encontramos también la limitada vida media de la batería del generador, que en promedio es de dos años, así como la posibilidad de ruptura de los electrodos con una simple tracción. Existe un mayor riesgo de infección que con procedimientos ablativos, debido al material extraño implantado y al riesgo de exposición. Ésta es una complica-

ción que a largo plazo puede terminar en el retiro del sistema, por el riesgo de infecciones o por falta de tejidos para la cobertura adecuada del sistema.<sup>4,6,9</sup>

Este trabajo pretende demostrar la experiencia de los servicios de Neurocirugía y de Cirugía Plástica del Hospital General de México, en la colocación y cobertura de la exposición de los sistemas de neuroestimulación a diferentes niveles.

## MATERIAL Y MÉTODO

Se realizó un estudio de cohorte prospectivo longitudinal, que incluyó a 21 pacientes atendidos en el Servicio de Neurología y Neurocirugía del Hospital General de México para colocación de sistemas de neuroestimulación, de 1997 a 2004, que presentaron exposición de alguna de las partes del sistema, por lo que fueron referidos al Servicio de Cirugía Plástica del Hospital General de México para cobertura del material expuesto.

Se determinó el porcentaje de pacientes con exposición, sexo, edad, padecimiento, tiempo de evolución, sitio de colocación del sistema, tiempo promedio de exposición, número y sitio de las exposiciones, técnicas utilizadas para la cobertura de éstas y su evolución.

En todos los casos se utilizó un neuroestimulador cuadripolar Solera® con diferentes tipos de estimulación y parámetros programables. El sistema completo contaba con el generador de impulsos, el cable de extensión con capuchón para el conector y el cable del electrodo cuadripolar.

La longitud del electrodo varió de 10 a 50 cm; el cable estaba formado por 4 hilos conductores de una aleación de platino/iridio; el conector era de una aleación de níquel y el aislamiento de los hilos conductores era de politetrafluoroetileno, con una cubierta de silicón y diámetro externo de 1.27 mm.

La extensión del electrodo era de una longitud estándar de 51 cm, con un diámetro del cable conductor de 1 mm y el diámetro de la conexión al electrodo de 1.47 cm. El material del cable conductor era de una aleación de níquel y el aislamiento del hilo conductor fabricado de goma de silicón.

El generador de impulsos era modelo Itrel® 3 IPG abastecido por una celda de litio-cloruro de tionilo con un circuito integrado recubierto de titanio, con un conector autosellante fijado con tornillos de titanio.

Para la cobertura de los diferentes componentes del sistema de neuroestimulación se emplearon diferentes técnicas quirúrgicas dependiendo del área anatómica y número de exposiciones. Los colgajos empleados fueron de avance, rotación, fasciocutáneos y musculares o musculocutáneos microquirúrgicos.

## RESULTADOS

Del total de pacientes, eran 12 mujeres (57.1%) y 9 hombres (42.9%), con edad de 6 a 76 años y promedio de 68 años. El diagnóstico de base fue enfermedad de Parkinson en 9 (42.9%) y epilepsia en 12 (51.7%). El tiempo de evolución promedio desde el inicio de su patología hasta la colocación de los electrodos fue de 7.75 años, con excepción del paciente pediátrico, en el que se colocaron a los 4 años de edad.

Los sitios de exposición fueron en el tapón del trépano, en 21 (100%) (*Figura 1*); en el trayecto del

electrodo en la región parietal, en 4 (19%); en el trayecto del electrodo en la región frontal, en 2 (9.5%); en el trayecto del electrodo en la región temporal, en 1 (4.7%); en el conector, en 4 (19%) (*Figura 2*); en el trayecto cervical de la extensión, en 3 (14.2%) (*Figura 3*); en el trayecto de la extensión en la pared torácica, en 2 (9.5%); en el generador en la pared anterior del tórax, en 2 (9.5%); en el generador en la pared abdominal, en 1 (4.7%) y exposiciones múltiples en el cráneo (*Figura 4*).

El número de cirugías fue 3 a 21 por paciente, con un promedio de 3.8, con un total de 83 procedimientos quirúrgicos. De acuerdo al tipo de cirugía empleada,



**Figura 1.** Exposición del tapón del trépano. La exposición del tapón del trépano se presentó en el 100% de los casos estudiados y recidivó en el 90% cuando el tratamiento fue cierre directo o avance de colgajos.



**Figura 3.** Exposición de la extensión a nivel cervical. En el 14.2% se presentó exposición a nivel cervical de la extensión del electrodo; en todos los casos había redundancia de la misma.



**Figura 2.** Exposición del conector. En el 19% de los casos se presentó exposición del conector, el perfil del mismo impide darle una adecuada cobertura con tejidos blandos locales.



**Figura 4.** Múltiples exposiciones del electrodo y tapón del trépano. El cierre directo del área de exposición no es una solución adecuada, presenta recidiva del 100% de las exposiciones y puede producir en la cicatriz resultante múltiples exposiciones. Área a resecar y cubrir con colgajo microquirúrgico. Preoperatorio.



**Figura 5.** Colgajos microquirúrgicos. Los colgajos microquirúrgicos tienen un bajo porcentaje de recidiva (6%) y permiten cambiar todo el tejido lesionado. Postoperatorio.

fue cierre directo, en 28 (37.73%); rotación o avance de colgajos de piel cabelluda, en 27 (32.5%); colgajo local más fresado de la tabla externa, en 10 (12%); colgajo microquirúrgico de recto abdominal, en 12 (14.4%) (*Figura 5*); colgajo microquirúrgico de dorsal ancho, en 2 (2.4%); colgajo microquirúrgico antebraquial radial, en 2 (2.4%), y colgajo de pectoral para envolver el generador, en 2 (2.4%).

La recidiva de la exposición en los casos tratados con cierre directo, fue de 25 (90%); en los tratados con colgajos locales de piel cabelluda, de 19 (70.3%); en los tratados con colgajo local y fresado de la tabla externa, en 1 (10%), en los tratados con colgajos microquirúrgicos, en 1 (6%), y en los tratados con colgajos pectorales, en 1 (50%).

Se retiraron 7 sistemas de neuroestimulación (33.3%); las causas fueron exposición e infección en 4 (14.2%), por deseo del paciente en 2 (9.5%), y por recidiva sin mejoría del cuadro clínico inicial en 1 (4.7%).

## DISCUSIÓN

La técnica estándar de colocación de los sistemas de neuroestimulación incluye realizar los trépanos el día previo a la colocación de los electrodos con anestesia local. En un segundo tiempo quirúrgico se coloca el electrodo y se obtura el cráneo con un tapón de silicona. El excedente de la longitud del electrodo se enrolla alrededor del tapón, procurando que el conector quede a nivel cervical, debido al elevado perfil del mismo. El trayecto del conector hasta el cuello es en un

plano subgaleal, dejando la conexión dentro del músculo esternocleidomastoideo. El conector continúa su trayecto por un túnel subcutáneo hasta la región pectoral, donde se localizará el estimulador.<sup>10,11</sup>

El mecanismo por el cual se producen las exposiciones de los sistemas de neuroestimulación es básicamente el mismo en las diferentes regiones anatómicas que interesa:

- El sistema tiene una longitud excesiva.
- El perfil del sistema es muy grueso para los tejidos que le van a proporcionar cobertura.
- La memoria de los materiales que constituyen el sistema provoca que los electrodos y cables conectores tiendan a rectificarse y erosionen los tejidos adyacentes.
- Los movimientos cervicales provocan mayor movilización de los cables.
- La colonización de los sistemas expuestos es frecuente.
- Los procesos infecciosos son frecuentes después de una exposición.<sup>11,12</sup>

Es muy importante considerar que la cirugía de cobertura de los sistemas de neuroestimulación es un procedimiento de salvamento, debido a los costos de los equipos y a los riesgos de retirarlos para su cambio. Por este motivo se exploraron todas las opciones reconstructivas, primero en aras de resolver las exposiciones y después para tratar de prevenirlas.<sup>13,14</sup>

Dentro de la escala reconstructiva empleada en estos casos se inició con el avance y rotación de colgajos locales; sin embargo, la contaminación de los cables del sistema y la escasa cobertura de estos colgajos redundó en nuevas exposiciones, por lo que fue necesario emplear colgajos más complejos, como colgajos musculares o musculocutáneos, para cambiar áreas completas de piel cabelluda. Ésta fue la solución definitiva para los casos con múltiples exposiciones, si bien los resultados estéticos no fueron los ideales.

Otro aspecto importante que se debe considerar es la necesidad de que los sistemas que están en la superficie del cráneo no hagan presión sobre la galea y piel cabelluda, pues eventualmente por la inextensibilidad de la primera se va a producir ruptura y exposición del sistema. Para evitar esto se propone el fresado de la tabla externa de los huesos craneales para colocar allí los cables y los conectores y de esta manera disminuir la tensión sobre los tejidos blandos.<sup>15,16</sup>

Con base en la experiencia acumulada en esta serie de casos, se proponen las siguientes modificaciones a la técnica de colocación de los sistemas de neuroestimulación:

- Realizar el trépano y colocar los electrodos en el mismo tiempo quirúrgico. Planear las incisiones y colgajos para su cobertura de acuerdo a la irrigación de la piel cabelluda y colocar las incisiones lejos del trayecto de los cables.
- Durante la colocación del tapón obturador evitar que los bordes de éste sobresalgan hacia los tejidos blandos, fresando la tabla externa.
- Dado que los cables del electrodo son habitualmente largos, se recomienda orientar el excedente del cable hacia la región temporal para colocarlo en el espesor del músculo temporal y tener una mejor cobertura.
- El conector del electrodo se debe exteriorizar para conectarlo a la extensión para el generador, por lo que se recomienda exteriorizarlo por una incisión lejana al sitio donde éste se colocará. De ser posible debe tratar de colocarse en el espesor del músculo esternocleidomastoideo; en caso contrario, se puede fresar la apófisis mastoides para colocarlo en ese sitio.
- El generador tiene un perfil elevado y por la vida limitada de la batería se recomienda colocarlo en la región pectoral. Se puede tener acceso fácil a éste y al mismo tiempo proporcionarle una cobertura adecuada si se coloca en un plano subpectorral, a través de una incisión en el surco submamario o en el pliegue axilar anterior.

## CONCLUSIONES

En la actualidad, la estimulación cerebral profunda se aplica en padecimientos de difícil manejo, como en la enfermedad de Parkinson de difícil control médico y en la epilepsia descontrolada, mismos que hasta la fecha no tenían un pronóstico favorable, con lo cual se mejora la calidad de vida de los pacientes de manera espectacular.

El sistema tiene muchas ventajas, entre las cuales están el ser un método reversible, con mínima lesión de tejido cerebral y acceso relativamente sencillo a zonas de difícil acceso. Pero también presenta desventajas importantes, como el alto costo del sistema, lo frágil del mismo y la limitada duración de la batería del sistema. A estos últimos se le agrega un problema más: la exposición del sistema a través de la piel cabelluda o de la piel prepectoral.

En términos generales, se recomiendan los siguientes puntos para evitar exposiciones del sistema de neuroestimulación:

- Diseño adecuado del colgajo: amplio, con su base dirigida en sentido de su aporte sanguíneo y evitar

atravesar o dejar parte del sistema por debajo de los bordes de la herida.

- Mínima tensión de cierre del colgajo, evitando superficies anguladas, móviles o rígidas que puedan ocasionar la erosión del sistema.
- Reducir el número de cirugías para colocación del sistema, disminuyendo el trauma a los tejidos y la contaminación de los mismos.
- Cobertura con colgajos musculares del conector y generador de pulsos.
- Empleo de colgajos microquirúrgicos en las primeras etapas del salvamento del sistema de neuroestimulación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Lozano A, Dostrovsky J, Chen R, Ashby P. Deep brain stimulation for Parkinson's disease: disrupting the disruption. *Lancet Neurol* 2002; 1(4): 225-31.
- Oh MY, Abosch A, Kim SH, Lang AE, Lozano AM. Long term hardware-related complications of deep brain stimulation. *Neurosurgery* 2002; 50(6): 1268-1276.
- Ahlskog JE. Parkinson's disease: medical and surgical treatment. *Neurol Clin* 2001; 19(3): 579-605.
- Greenberg B. Update on deep brain stimulation. *J ECT* 2002; 18(4): 193-6.
- Lyons KE, Wilkinson SB, Overman J, Pahwa R. Surgical and hardware complications of subthalamic stimulation: A series of 160 procedures. *Neurology* 2004; 63(4): 612-616.
- Beric A, Kelly PJ, Rezai A, Sterio D et al. Complications of deep brain surgery. *Stereotact Func Neurosurg* 2001; 77(1-4): 73-8.
- Rogers B et al. The surgical repair of traumatic defects of the scalp. *Clin Plast Surg* 1982; 9(2): 131-145.
- Goetz CG, Horn SS. Treatment of tremor and dystonia. *Neurol Clin* 2001; 19(1): 129-44.
- Lozano AM, Hamani C. The future of deep brain stimulation. *J Clin Neurophysiol* 2004; 21(1): 68-69.
- Blanchette A. Surgery for patients with Parkinson disease. *Neurology* 2004; 62(2): E6-E7.
- Vergani F, Landi A, Pirillo D, Cilia R, Antonini A, Sganzerla EP. Surgical, medical, and hardware adverse events in a series of 141 patients undergoing subthalamic deep brain stimulation for Parkinson disease. *World Neurosurg* 2010; 73(4): 338-44.
- McIntyre CC, Savasta M, Walter BL, Vitek JL. How does deep brain stimulation work? Present understanding and future questions. *J Clin Neurophysiol* 2004; 21(1): 40-50.
- Oh My. Deep brain stimulator electrodes used for lessening: proof of principle. *Neurosurg* 2001; 49(2): 363-369.
- Volkmann J. Deep brain stimulation for the treatment of Parkinson's disease. *J Clin Neurophysiol* 2004; 21(1): 6-17.
- Lanotte M, Verna G, Panciani PP, Taveggia A, Zibetti M et al. Management of skin erosion following deep brain stimulation. *Neurosurg Rev* 2009; 32(1): 111-114.
- Peña E, Pastor J, Hernando V, Gallego I, Pedrosa M et al. Skin erosion over implants in deep brain stimulation patients. *Stereotact Funct Neurosurg* 2008; 86(2): 120-126.

Dirección para correspondencia:

Dr. Raymundo Priego Blancas

Av. Periférico Sur Núm. 3697 C-737, Héroes de Padilla, 10760 México, D.F.

E-mail: raypriego@prodigy.net.mx