

# Estimulación eléctrica de la médula espinal como terapia intervencionista de salvamento en la isquemia crítica de las extremidades inferiores: Una revisión



**OMAR FERNANDO GOMEZESE R., MD**  
ANESTESIOLOGO

### AUTORES

<sup>1</sup>OMAR FERNANDO GOMEZESE R., MD; <sup>2</sup>MONICA ZULAY CASTELLANOS., MD; <sup>3</sup>CAMILO ESPINEL, MD; <sup>4</sup>JOSÉ FEDERICO SAAIBI, MD; <sup>5</sup>SEBASTIAN BALLESTRINI, MD; <sup>6</sup>JUAN GUILLERMO BARRERA, MD.

<sup>1</sup> Médico anesthesiologo, especialista en dolor, director de la Clínica de Dolor de la Fundación Cardiovascular de Colombia y la Clínica de Dolor del Hospital Universitario de Santander, profesor en la Escuela de Medicina de la Universidad Industrial de Santander.

<sup>2</sup> Médico residente, Escuela de Medicina, Universidad Industrial de Santander.

<sup>3</sup> Médico cirujano vascular, servicio de Cirugía Vascular Periférica de la Fundación Cardiovascular

<sup>4</sup> Médico cardiólogo hemodinamista, jefe del servicio de hemodinamia de la Fundación Cardiovascular de Colombia.

<sup>5</sup> Médico cardiólogo hemodinamista, miembro de la Clínica de Dolor de la FCV.

<sup>6</sup> Médico cirujano vascular, director del servicio de Cirugía Vascular Periférica de la Fundación Cardiovascular de Colombia.

*E-mail:* oma4@yahoo.com

Recibido: Octubre 2009

Aceptado: Diciembre 2009

## Resumen

La enfermedad arterial oclusiva crónica severa y otras vasculopatías, mejor aún, los casos asociados a isquemia crítica sin respuesta a las terapias farmacológica y quirúrgica, son una indicación importante para la estimulación eléctrica de la médula espinal (EEM), pues esta alternativa terapéutica representa una oportunidad única para influenciar sobre la fisiología y actividad neuronal y por ende generar el incremento de los flujos sanguíneos distales, aliviar de manera significativa el dolor y mejorar la calidad de vida a largo plazo.

La EEM es un procedimiento relativamente sencillo en manos expertas. Una vez seleccionado el paciente, bajo anestesia local y guía fluoroscópica, el electrodo de estimulación es implantado en el espacio epidural y se generan parestesias en el territorio metamérico transmisor de los impulsos dolorosos. Es una técnica segura para el tratamiento de los pacientes con isquemia crítica por enfermedad vascular oclusiva, pues reduce su morbilidad y su mortalidad, con bajas tasas de complicaciones.

**Palabras clave:** estimulación eléctrica medular; neuromodulación; isquemia crítica; dolor; claudicación; extremidades inferiores

## Abstract

Severe chronic occlusive arterial disease and other vascular diseases, better yet, cases associated with critical ischemia unresponsive to pharmacological and surgical therapies are an important indication for spinal cord stimulation (SCS). This therapy represents a unique opportunity to influence the physiology and neuronal activity, therefore generating increased distal blood flow to significantly relieve pain and improve the quality of life in the long term.

The SCS is a relatively straightforward procedure in experienced hands. After selecting the patient, the stimulating electrode is placed in the epidural space under local anesthesia and fluoroscopic guidance and produces paresthesias in the metameric territory transmitter of pain impulses. It is a safe technique for the treatment of patients with critical limb ischemia due to vascular occlusive disease, since it reduces its morbidity and mortality with low rates of complications.

**Key words:** spinal cord stimulation; neuromodulation; critical ischemia; pain; lameness; lower limbs

## Introducción

### Consideraciones históricas

La enfermedad isquémica (EI) es ahora una indicación importante para la neuromodulación (NM), particularmente en condiciones de dolor crónico. La NM se define como una modalidad terapéutica que permite restaurar las funciones del sistema nervioso central o modular las estructuras nerviosas involucradas en la disfunción de órganos y sistemas. Uno de los métodos de NM usados es la estimulación eléctrica repetitiva de la médula espinal (EEM). La EEM en la EI empezó a tener aplicabilidad en la enfermedad isquémica cardiaca y la enfermedad vascular periférica, en Europa, en 1970 y 1980, respectivamente.<sup>1-4</sup>

Cook y Weistein, en 1973, fueron los primeros en utilizar la EEM para el tratamiento del dolor ocasionado por las vasculopatías periféricas y describieron, junto con el efecto analgésico, la tendencia a la cicatrización de las úlceras isquémicas.<sup>1,2,4</sup> Pese al escepticismo inicial de los cirujanos vasculares, quienes se negaban a referir sus pacientes a los especialistas en el manejo intervencionista del dolor, en los últimos veinte años ha resultado cada vez más evidente que la EEM es un tratamiento razonablemente eficaz en muchos sujetos que presentan dolor crónico de origen isquémico en

las extremidades inferiores, para el cual no se cuenta con alguna otra opción terapéutica.<sup>2,3</sup> Adicionalmente, a finales de la década de los 70 se señaló que la estimulación podía producir vasodilatación periférica. Casi diez años después se reconoció su utilidad para tratar el dolor causado por las vasculopatías periféricas y coronariopatías resistentes a otros tratamientos con numerosos estudios que evidenciaban buenos resultados, incluso con mejores resultados que para el dolor neuropático.<sup>3,5-9</sup>

Diversos estudios han demostrado el efecto beneficioso de la EEM sobre la enfermedad vascular periférica al incrementar la calidad de vida en los pacientes severamente enfermos, sin incrementar la morbimortalidad. En este grupo de pacientes el dolor (claudicación) puede aparecer durante la marcha o el reposo y llegar a ser tan intenso que los incapacita.<sup>1,3,4,10</sup>

La mayoría padece de aterosclerosis crítica e isquemia en las extremidades. La condición fundamental para que estos pacientes puedan ser elegidos para la EEM es que su enfermedad sea refractaria a las opciones terapéuticas convencionales (tratamiento farmacológico y revascularización). Las úlceras en las extremidades deben ser mínimas.<sup>9,11-14</sup>

### Mecanismos de acción

Los mecanismos de acción que explican los efectos analgésico y vasodilatador de la estimulación eléctrica espinal en los casos de vasculopatías periféricas clásicas (enfermedad arterial oclusiva crónica) y otras de menor frecuencia (trombosis de grandes vasos de origen farmacológico), sólo son conocidos parcialmente y los elementos fisiológicos responsables de tales acciones a nivel medular aún son materia de controversia.<sup>3-5,15-17</sup>

Innumerables estudios han señalado un incremento del flujo sanguíneo periférico inducido por la EEM a nivel de la macrocirculación y microcirculación, con liberación de prostaglandinas y prostaciclina, mejoría del flujo sanguíneo y reducción de las tasas de amputación en los pacientes con enfermedad arterial oclusiva crónica severa.<sup>18,19</sup>

Se ha afirmado que la vasodilatación periférica que surge después de la EEM es consecuencia de la supresión directa del dolor. Planteamientos más recientes afirman que el efecto de la estimulación eléctrica espinal depende fundamentalmente de la modulación de la actividad del sistema nervioso autónomo.<sup>1,2,4,5,15-17,20</sup>

## Indicaciones de la estimulación

La estimulación eléctrica de la médula espinal está indicada en los cuadros de vasculopatía periférica en los cuales el síntoma principal sea el dolor. La clasificación de Fontaine sigue siendo aceptada como norma para la selección de los pacientes (ver Cuadro 1). Basándonos en la misma, es claro que el tratamiento debe aplicarse de preferencia a los pacientes que se encuentran en el estadio III, en quienes predomina el dolor durante el reposo, particularmente en la noche, sin signos de lesión tisular como úlceras o gangrena. Los pacientes en el estadio IV pueden ser incluidos, siempre y cuando presenten lesiones de menos de 3 centímetros de diámetro, susceptibles de curación.<sup>1,3,10,17,18</sup> (Cuadro 1)

Las entidades principales son la aterosclerosis y los trastornos vasoespásticos, tales como la enfermedad de Raynaud y el congelamiento y la vasculopatía de la esclerodermia. También se observa mejoría en los sujetos con la enfermedad de Burger.<sup>21</sup> Existe evidencia controversial respecto al alivio de síntomas en pacientes con hipertensión arterial y diabetes mellitus.<sup>10,17,18,22,23</sup> La evolución satisfactoria dependerá de la estabilidad previa del cuadro isquémico.

Los pacientes sometidos a simpatectomía previa no se ven afectados posteriormente; es decir, dicho tratamiento no anula los efectos benéficos de la estimulación eléctrica espinal.<sup>1,3,10,17,18</sup>

## Selección de los pacientes

Es necesario destacar que, al igual que en otras formas de electroestimulación, para el tratamiento del dolor es importante la selección cuidadosa de los pacientes que van a ser beneficiados con esta alternativa terapéutica. El paciente debe estar informado sobre

la importancia de su participación activa, pues él mismo tendrá que manejar el equipo de estimulación cuando ya esté operativo, debe conocer las normas o condiciones para la analgesia y entender que probablemente el alivio de su dolor no será completo, sino más bien parcial.<sup>1,14,20</sup>

Son criterios mayores de rechazo del paciente para la EEM los siguientes: toxicomanía activa, trastornos de somatización, trastorno depresivo mayor y casos en los que estén pendientes litigios y compensaciones económicas.

Para la selección primaria de los pacientes es necesario valorar la integridad de la microcirculación periférica con la ayuda de exploraciones complementarias al examen clínico minucioso. Asimismo, se debe evaluar los efectos de la estimulación de prueba empleando estos mismos métodos. Existe una correlación directa entre los hallazgos clínicos y los datos de la microcirculación periférica obtenidos con mediciones de la densidad capilar y la velocidad del flujo, así como mediciones de la presión transcutánea de oxígeno (TcPO<sub>2</sub>).

Este último parece ser un elemento predictivo importante en el periodo preoperatorio: el aumento de sus valores durante la estimulación de prueba es un signo de buen pronóstico. La termografía y la flujometría por Láser-Doppler también aportan información útil.<sup>1,10,13-15,19-24</sup>

## Procedimiento quirúrgico: implante definitivo

Como cualquier otro procedimiento quirúrgico, el implante del electrodo ha de llevarse a cabo en el quirófano y con las medidas de asepsia y antisepsia. La efectividad de la profilaxis antibiótica está respaldado por un nivel de evidencia A.<sup>10,20,22</sup>

Cuadro 1. Clasificación de Fontaine de la intensidad de los síntomas en las vasculopatías periféricas

Estadio I	Arterioesclerosis sin síntomas.
Estadio II	Claudicación intermitente sin síntomas en el reposo.
- Estadio IIa	Claudicación intermitente moderada.
- Estadio IIb	Claudicación intermitente intensa.
Estadio III	Claudicación más dolor en reposo y nocturno, sin lesión tisular.
Estadio IV	Grado III más pérdida de tejidos (úlceras por isquemia, gangrena).
- Estadio IVa	Con inflamación local.
- Estadio IVb	Con compromiso sistémico.

El tipo del electrodo a implantar es motivo de decisión previa, en función del área de parestesias que se pretenda abarcar, según la distribución y el tipo de dolor. Barolat *et al* hicieron un mapa corporal de las respuestas a la estimulación sensorial epidural de las estructuras neurales intraespinales en el hombre, que se correlaciona con la óptima colocación del electrodo, tomando en cuenta el nivel metamérico y su ubicación lateral o medial dentro del espacio epidural.<sup>20</sup>

La técnica de implantación del electrodo para la EEM es relativamente simple: se implanta un electrodo en el espacio epidural bajo anestesia local y guía fluoroscópica, con el polo superior del electrodo a la altura de los cuerpos vertebrales toracolumbares bajos, usualmente T10-T11, de modo que el área del dolor quede cubierta por una sensación de parestesias durante la aplicación del estímulo externo (con una amplitud de pulso de 210  $\mu$ seg y una frecuencia de 85 Hz, en promedio); luego se conecta el electrodo a un generador de pulsos implantado subcutáneamente.<sup>1,8,12,20</sup>

## Resultados

Es numerosa la evidencia que respalda la eficacia y utilidad de la EEM para el manejo de los pacientes con isquemia crítica no revascularizable en las extremidades inferiores.

Los resultados del "European Peripheral Vascular Disease Outcome Study" (SCS-EPOS), un estudio prospectivo, multicéntrico y controlado, determinó que la supervivencia acumulada a los 12 meses de las extremidades en los pacientes con isquemia crítica no quirúrgica en los miembros inferiores a quienes se les trató con estimulación eléctrica espinal, fue significativamente mayor respecto a lo obtenido con los tratamientos conservadores. La selección y el seguimiento de los pacientes se basaron en los valores de la presión transcutánea de oxígeno (T<sub>cpO<sub>2</sub></sub>).<sup>19</sup>

Por otra parte, Petrakis y Sciacca<sup>16</sup> demostraron que en los pacientes con isquemia crítica en las extremidades inferiores, refractarios al tratamiento farmacológico y quirúrgico, el uso de la EEM incrementó el flujo sanguíneo cutáneo, asociado a un significativo alivio del dolor, con lo que se podría probar que esta es una excelente alternativa terapéutica que mejora la calidad de vida. Al considerar a la T<sub>cpO<sub>2</sub></sub> como el indicador principal, se decidió la

implantación definitiva del electrodo de EEM cuando a las 2 semanas de prueba se evidenciaron cambios favorables en sus valores.

La mayoría de los pacientes manifiestan una reducción significativa del dolor y en más de la mitad de los pacientes se evidencia mejoría de los índices circulatorios según los estudios de Doppler, termografía y oximetría.<sup>4,6,11,14,15,17-20</sup>

Se considera que el alivio del dolor mayor al 50% constituye un resultado satisfactorio y mayor al 90%, excelente. Entre los cambios positivos experimentados por los pacientes tras el inicio de la electroestimulación, en lo relativo al desempeño de actividades de la vida diaria, se encuentran: mejoría de la calidad de vida, la funcionalidad y el estado laboral y, también, la satisfacción global del paciente.<sup>14,19,20,24</sup>

Existe aún variabilidad en los resultados de los estudios que analizan la posibilidad de salvamento de las extremidades afectadas por la enfermedad vascular periférica con isquemia crítica mediante la aplicación de la EEM, porque el éxito de la terapéutica está condicionado por la presencia de cambios tróficos en los tejidos afectados al momento de la implantación.<sup>1,17-19</sup>

La EEM también reduce la morbilidad y mortalidad de los pacientes con isquemia crítica por enfermedad vascular oclusiva tratados e incluso tiene bajas tasas de complicaciones, derivadas estas últimas de la técnica quirúrgica principalmente.<sup>1,20</sup>

Existe evidencia suficiente que nos permite afirmar que la terapia con EEM proporciona efectos beneficiosos sobre los pacientes pues alivia de manera significativa el dolor y mejora su calidad de vida a largo plazo y también es ventajosa desde este punto de vista costo-efectividad, a pesar de los aparentes altos costos iniciales de los dispositivos implantables.<sup>19,25,26</sup>

## Comentario final

Surge la necesidad de crear nuestras propias estadísticas aplicadas a los grupos poblacionales afectados por este tipo de patologías, pues es evidente que existe la infraestructura y el talento humano necesarios para generar proyectos de investigación a mediano y largo plazo sobre la EEM y lograr un gran impacto en la calidad de vida de dichas poblaciones.

## Referencias

- De Vries J, De Jongste MJ, Spincemaille G, Staal MJ. Spinal cord stimulation for ischemic heart disease and peripheral vascular disease. *Adv Tech Stand Neurosurg* 2007;32:63-89.
- Cook AW, Oygar A, Baggenstos P, Pacheco S, Kleriga E. Vascular disease of extremities. Electric stimulation of spinal cord and posterior roots. *N Y State J Med* 1976;76(3):366-8.
- Tallis RC, Illis LS, Sedgwick EM, Hardwidge C, Garfield JS. Spinal cord stimulation in peripheral vascular disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1983;46(6):478-84.
- Augustinsson LE, Carlsson CA, Holm J, Jivegard L. Epidural electrical stimulation in severe limb ischemia: Pain relief, increased blood flow, and a possible limb-saving effect. *Ann Surg* 1985;202(1):104-10.
- Croom JE, Foreman RD, Chandler MJ, Barron KW. Reevaluation of the role of the sympathetic nervous system in cutaneous vasodilation during dorsal spinal cord stimulation: are multiple mechanisms active? *Neuromodulation* 1998;1(2):91-101.
- Linderoth B, Fedorcsak I, Meyerson BA. Peripheral vasodilatation after spinal cord stimulation: animal studies of putative effector mechanisms. *Neurosurgery* 1991;28(2):187-95.
- Linderoth B, Gunasekera L, Meyerson BA. Effects of sympathectomy on skin and muscle microcirculation during dorsal column stimulation: animal studies. *Neurosurgery* 1991;29(6):874-9.
- Vallejo R, Kramer J, Benyamin R. Neuromodulation of the cervical spinal cord in the treatment of chronic intractable neck and upper extremity pain: a case series and review of the literature. *Pain Physician* 2007;10(2):305-11.
- Burchiel KJ, Anderson VC, Brown FD, Fessler RG, Friedman WA, Pelofsky S, et al. Prospective, multicenter study of spinal cord stimulation for relief of chronic back and extremity pain. *Spine (Phila Pa 1976)* 1996;21(23):2786-94.
- Jivegård L, Augustinsson LE, Carlsson CA, Holm J. Long-term results by epidural spinal electrical stimulation (ESES) in patients with inoperable severe lower limb ischaemia. *Eur J Vasc Surg* 1987;1(5):345-9.
- Wolosker N, Munia MAS, Rosoky R, Fidelis RJ, Nakano L, Kauffman P, et al. Surgical treatment for intermittent claudication in patients who do not improve with clinical treatment. *Arq Bras Cardiol* 2004;82(5):445-9.
- Ohnmeiss DD, Rashbaum RF, Bogdanffy GM. Prospective outcome evaluation of spinal cord stimulation in patients with intractable leg pain. *Spine (Phila Pa 1976)* 1996;21(11):1344-50.
- Burchiel KJ, Anderson VC, Wilson BJ, Denison DB, Olson KA, Shatin D. Prognostic factors of spinal cord stimulation for chronic back and leg pain. *Neurosurgery* 1995;36(6):1101-10.
- Turner JA, Loeser JD, Bell KG. Spinal cord stimulation for chronic low back pain: a systematic literature synthesis. *Neurosurgery* 1995;37(6):1088-95.
- Claeys LG, Horsch S. Transcutaneous oxygen pressure as predictive parameter for ulcer healing in endstage vascular patients treated with spinal cord stimulation. *Int Angiol* 1996;15(4):344-9.
- Petrakis IE, Sciacca V. Spinal cord stimulation in critical limb ischemia of the lower extremities: our experience. *J Neurosurg Sci* 1999;43(4):285-93.
- Horsch S, Claeys L. Epidural spinal cord stimulation in the treatment of severe peripheral arterial occlusive disease. *Ann Vasc Surg* 1994;8(5):468-74.
- Petrakis IE, Sciacca V. Epidural spinal cord electrical stimulation in diabetic critical lower limb ischemia. *J Diabetes Complications* 1999;13(5-6):293-9.
- Amann W, Berg P, Gersbach P, Gamain J, Raphael JH, Ubbink DT; European Peripheral Vascular Disease Outcome Study SCS-EPOS. Spinal cord stimulation in the treatment of non-reconstructable stable critical leg ischaemia: results of the European Peripheral Vascular Disease Outcome Study (SCS-EPOS). *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2003;26(3):280-6.
- López-López JA. La estimulación eléctrica del sistema nervioso central con finalidad analgésica. *Rev Soc Esp Dolor* 2006;13(5):328-48.
- Ktenidis K, Claeys L, Bartels C, Horsch S. Spinal cord stimulation in the treatment of Buerger's disease. In: Horsch S, Claeys L, editors. *Spinal cord stimulation: an innovative method in the treatment of PVD and angina*. Darmstadt, Germany: Steinkopff Verlag; 1995. p. 207-14.
- Lee AW, Pilitsis JG. Spinal cord stimulation: indications and outcomes. *Neurosurg Focus* 2006;21(6):E3.
- Petrakis IE, Sciacca V. Does autonomic neuropathy influence spinal cord stimulation therapy success in diabetic patients with critical lower limb ischemia? *Surg Neurol* 2000;53(2):182-8.
- Ubbink DT, Spincemaille GH, Prins MH, Reneman RS, Jacobs MJ. Microcirculatory investigations to determine the effect of spinal cord stimulation for critical leg ischemia: the Dutch multicenter randomized controlled trial. *J Vasc Surg* 1999;30(2):236-44.
- North RB, Kidd DH, Zahurak M, James CS, Long DM. Spinal cord stimulation for chronic, intractable pain: experience over two decades. *Neurosurgery* 1993;32(3):384-94.
- Kumar K, Malik S, Demeria D. Treatment of chronic pain with spinal cord stimulation versus alternative therapies: cost-effectiveness analysis. *Neurosurgery* 2002;51(1):106-15.