

An anatomical illustration of the human nervous system, showing the brain, spinal cord, and peripheral nerves. The central nervous system (brain and spinal cord) is highlighted in a bright yellow color, while the peripheral nerves and the rest of the body are shown in a translucent blue. The background is a solid dark blue.

Fundamentos teórico-prácticos de electroestimulación en la lesión medular

Jaison Daniel Cucarián Hurtado
Paola Andrea Barreto Franco
Nathalia Andrea Castro Álvarez
Rosy Paola Cárdenas Sandoval



Universidad del
Rosario

Fundamentos teórico-prácticos de electroestimulación en la lesión medular

Fundamentos teórico-prácticos de electroestimulación en la lesión medular

Resumen

La electroterapia se ha convertido en una estrategia coadyuvante para la rehabilitación de personas con daño en la médula espinal, y en busca de darla a conocer, este libro recopila avances teórico-prácticos actuales basados en evidencia experimental y resultados de ensayos clínicos en temas relacionados con sus generalidades, usos, aplicaciones y dosificación. Así mismo, describe algunos protocolos de intervención, fundamentados en la práctica clínica y de investigación, que son relevantes no solo en los procesos de aprendizaje de los estudiantes o profesionales afines al área de la salud y rehabilitación, sino también en la exploración de nuevas y prometedoras intervenciones que mejoren el estado de salud, funcionalidad y calidad de vida de los pacientes con esta condición patológica.

Palabras clave: medula espinal, heridas y lesiones, electroterapia, estimulación eléctrica, fisioterapia, rehabilitación.

Theoretical-practical foundations of electrostimulation in spinal cord injury

Abstract

Electrotherapy has become a coadjuvant strategy to rehabilitate people with spinal cord damage. To make this therapy more widely known, this book compiles current theoretical-practical advances based on experimental evidence and results of clinical trials on issues related to its general characteristics, uses, applications, and dosage. Based on clinical practice and research, it also describes some intervention protocols that are pertinent in the learning processes of students or professionals in the field of health and rehabilitation. Similarly, they are valuable to explore new and promising interventions that improve the state of health, functionality, and quality of life of patients with this pathological condition.

Keywords: spinal cord, wounds and injuries, electrotherapy, electrical stimulation, physiotherapy, rehabilitation.

Citación sugerida / Suggested citation

Cucarián Hurtado, J. D., Barreto Franco, P. A., Castro Álvarez, N. A. y Cárdenas Sandoval, R. P. (2022). *Fundamentos teórico-prácticos de electroestimulación en la lesión medular*. Editorial Universidad del Rosario. <https://doi.org/10.12804/urosario9789587849431>

Fundamentos teórico- prácticos de electroestimulación en la lesión medular

Jaison Daniel Cucarián Hurtado
Paola Andrea Barreto Franco
Nathalia Andrea Castro Álvarez
Rosy Paola Cárdenas Sandoval

Cucarián Hurtado, Jaison Daniel

Fundamentos teórico-prácticos de electroestimulación en la lesión medular / Jaison Daniel Cucarián Hurtado, Paola Andrea Barreto Franco, Nathalia Andrea Castro Álvarez, Rosy Paola Cárdenas Sandoval. - Bogotá: Editorial Universidad del Rosario, 2022.

xx, 259 páginas: ilustraciones.

Incluye referencias bibliográficas.

1. Medula espinal - Heridas y lesiones. 2. Electroterapia. 3. Estimulación eléctrica. 4. Fisioterapia. 5. Rehabilitación. I. Cucarián Hurtado, Jaison Daniel. II. Barreto Franco, Paola Andrea. III. Castro Álvarez, Nathalia Andrea. IV. Cárdenas Sandoval, Rosy Paola. V. Universidad del Rosario. VI. Título.

615.845 SCDD 20

Catalogación en la fuente - Universidad del Rosario. CRAI

DJGR

Marzo 14 de 2022

Hecho el depósito legal que marca el Decreto 460 de 1995



**Universidad del
Rosario**

© Editorial Universidad del Rosario
© Universidad del Rosario
© Varios autores

Editorial Universidad del Rosario
Carrera 7 No. 12B-41, of. 501
Tel: 601 2970200, ext. 3113
<https://editorial.urosario.edu.co>

Primera edición: Bogotá, D. C., 2022

ISBN: 978-958-784-941-7 (impreso)
ISBN: 978-958-784-942-4 (ePub)
ISBN: 978-958-784-943-1 (pdf)
<https://doi.org/10.12804/urosario9789587849431>

Corrección de estilo: María José Molano Valencia
Diseño de cubierta: César Yepes y Luz Arango
Diagramación y desarrollo de ePub: Precolombi EU-David Reyes

Hecho en Colombia
Made in Colombia

Los conceptos y opiniones de esta obra son responsabilidad de sus autores y no comprometen a la Universidad ni sus políticas institucionales.

El contenido de este libro fue sometido al proceso de evaluación de pares para garantizar los altos estándares académicos. Para conocer las políticas completas visitar: editorial.urosario.edu.co

Todos los derechos reservados. Esta obra no puede ser reproducida sin el permiso previo escrito de la Editorial Universidad del Rosario.

Autores

Jaison Daniel Cucarián Hurtado

Fisioterapeuta de la Universidad del Rosario (Colombia). Magíster en Ciencias de la Rehabilitación de la UFCSPA (Brasil). Doctorando en neurociencias, Universidad de Alberta-Canadá. Su interés se enfoca en el estudio de terapias reparadoras y neuromoduladoras, principalmente ejercicio físico, células madre, terapia motora y electroestimulación para el tratamiento de afecciones del sistema nervioso que promueven su plasticidad estructural y/o funcional con publicaciones científicas en el área.

Paola Andrea Barreto Franco

Fisioterapeuta de la Universidad del Rosario. Actualmente, se desempeña como profesional en el área de atención en cuidado crítico con experiencia en metodología e intervención terapéutica para el tratamiento de diferentes condiciones patológicas. Ha participado en proyectos de investigación enfocados al uso de la electroestimulación como método coadyuvante en los procesos de rehabilitación.

Nathalia Andrea Castro Álvarez

Fisioterapeuta de la Universidad del Rosario (Colombia). Coordinadora del grupo de fisioterapia de Biomedical Group SAS, con experiencia en atención clínico-terapéutica

en pacientes con enfermedades neuromusculares y osteomusculares. Experiencia en métodos de abordaje cinéticos, físicos (electroterapia) y alternativos junto con métodos de evaluación en pacientes con lesión medular.

Rosy Paola Cárdenas Sandoval

Fisioterapeuta e ingeniera de sistemas, MSc y Ph. D. Profesora de carrera académica del Programa de Fisioterapia de la Universidad del Rosario (Colombia). Lidera proyectos de investigación en ciencia básica aplicada al área de la fisioterapia mediante la experimentación in vitro. Ha publicado artículos científicos en el área de la mecanobiología para comprender la reparación de los ligamentos. Líder del Laboratorio de Clínica del Movimiento con experticia en el área de la biomecánica clínica.

Contenido

[Agradecimientos](#)

[Prólogo](#)

[Introducción](#)

[Capítulo I. Electroestimulación y restauración neuromotora](#)

[Implicaciones de la denervación neuromuscular en la lesión medular](#)

[Referencias](#)

[Capítulo II. Electroterapia y principios de electroestimulación](#)

[Forma de onda o pulso](#)

[Método de aplicación](#)

[Frecuencia](#)

[Referencias](#)

[Capítulo III. Dosificación en electroterapia](#)

[Curva intensidad/tiempo \(I/T\) o con impulsos cuadrangulares](#)

[Curva acomodación/tiempo \(A/T\) o con impulsos triangulares](#)

[Referencias](#)

[Capítulo IV. Electroestimulación en el músculo denervado](#)

[Modalidades electroterapéuticas empleadas en el músculo denervado](#)

[Estimulación eléctrica neuromuscular-NMES o EENM](#)

[Estimulación eléctrica funcional \(FES\)](#)

[Corriente rusa o Kotz](#)

[Corriente farádica](#)

[Corriente exponencial](#)

[Referencias](#)

[Capítulo V. Métodos de aplicación de las corrientes eléctricas](#)

[Referencias](#)

[Capítulo VI. Mecanismos fisiopatológicos de la espasticidad en la lesión medular](#)

[Electroestimulación para la modulación del tono muscular](#)

[Referencias](#)

[Capítulo VII. Dolor neuropático en la lesión medular](#)

[Electroestimulación en dolor neuropático](#)

[Referencias](#)

[Capítulo VIII. Deficiencias en el sistema urointestinal en la lesión medular](#)

[Fisiología urológica](#)

[Disfunción urológica](#)

[Fisiología intestinal](#)

[Disfunción intestinal](#)

[Electroestimulación en deficiencias urointestinales](#)

[Modos de EE invasiva](#)

[Métodos de EE no invasivos](#)

[Referencias](#)

[Glosario](#)

[Libreta de actividades](#)

[Introducción](#)

[Objetivos](#)

Capítulo I. Electroestimulación y restauración neuromotora

Actividades

Respuestas

Capítulo II. Electroterapia y principios de electroestimulación

Actividades

Respuestas

Capítulo III. Dosificación en electroterapia

Actividades

Respuestas

Capítulo IV. Electroestimulación en el músculo denervado

Actividades

Respuestas primera sección

Respuestas segunda sección

Capítulo V. Métodos de aplicación de las corrientes eléctricas

Actividades

Respuestas

Capítulo VI. Mecanismos fisiopatológicos de la espasticidad en la lesión medular

Actividades

Respuestas

Capítulo VII. Dolor neuropático en la lesión medular

Actividades

Respuestas

Capítulo VIII. Deficiencias en el sistema uro-intestinal en la lesión medular

Actividades

Respuestas

Lista de figuras y tablas

Figuras

[Figura 1. Macroestructura de la médula espinal](#)

[Figura 2. Principales mecanismos fisiopatológicos en la lesión medular](#)

[Figura 3. Formato de evaluación ASIA. Normas internacionales para la clasificación neurológica de lesión de la médula espinal. Actualización 2019](#)

[Figura 4. Síndromes medulares](#)

[Figura 5. Modelos de electroestimulador](#)

[Figura 6. Sistemas de mioestimulación portátil](#)

[Figura 7. Parámetros de un impulso eléctrico](#)

[Figura 8. Representación de las formas de onda monofásica \(A\) y bifásica \(B\).](#)

[Figura 9. Efectos terapéuticos primarios y secundarios en el uso de formas de ondas monofásicas y bifásicas](#)

[Figura 10. Representación de pulsos eléctricos de acuerdo con su polaridad](#)

[Figura 11. Ilustración de los modos de aplicación](#)

[Figura 12. Representación de las formas de modulación para la aplicación de corrientes eléctricas](#)

[Figura 13. Formas de entrega de las diferentes corrientes eléctricas](#)

[Figura 14. Relación de la curva Intensidad-Duración de pulso para la estimulación sensitiva, motora y en casos de denervación](#)

[Figura 15. Gráfica o esquema de progresión logarítmica](#)

[Figura 16. Curva intensidad/tiempo \(I/T\) en la unión neuromuscular normal](#)

[Figura 17. Curva I/T en la unión neuromuscular con alteración](#)

[Figura 18. Curva acomodación/tiempo \(A/T\) en la unión neuromuscular normal](#)

[Figura 19. Curva A/T en la unión neuromuscular con alteración](#)

[Figura 20. Triángulo de respuesta selectiva](#)

[Figura 21. Principales beneficios de la electroestimulación](#)

[Figura 22. Principales contraindicaciones y precauciones de la electroestimulación](#)

[Figura 23. Principales efectos y modalidades de electroestimulación en la persona con lesión medular](#)

[Figura 24. Electrodo usado en electroterapia](#)

[Figura 25. Representación de puntos motores de estimulación muscular](#)

[Figura 26. Ilustración de las modalidades de aplicación de la corriente eléctrica](#)

[Figura 27. Principales mecanismos neuropatológicos vinculados con la espasticidad](#)

[Figura 28. Estimulación magnética transcraneal repetitiva \(rTMS\).](#)

[Figura 29. Estimulación transcraneal de corriente continua \(tDCS\).](#)

[Figura 30. Mecanismos etiológicos del dolor neuropático después de una lesión medular](#)

[Figura 31. Características clínicas del dolor neuropático](#)

[Figura 32. Relación de la curva Intensidad-Duración para la estimulación de las fibras del dolor](#)

[Figura 33. Dispositivos de iontoforesis de liberación prolongada](#)

[Figura 34. Mecanismos de inducción farmacológica mediante iontoforesis](#)

[Figura 35. Factores que influyen en el paso y absorción de medicamentos mediante aplicación transdérmica por iontoforesis](#)

[Figura 36. Inervación del tracto urinario inferior](#)

[Figura 37. Tipos de vejiga neurogénica](#)

[Figura 38. Inervación del recto y canal anal](#)

[Figura 39. Tipos de intestino neurogénico](#)

[Figura 40. Estimulación magnética transcutánea \(EMT\).](#)

[Figura 41. Neuromodulación de la médula espinal eléctrica transcutánea \(TESCON\) spineX](#)

[Figura 42. Estimulación del nervio tibial posterior \(ENTP\).](#)

[Figura 43. Estimulación del nervio genital dorsal \(GNS\).](#)

Tablas

[Tabla 1. Principales síntomas clínico-motores, sensitivos y autónomos ocasionados por la lesión medular](#)

[Tabla 2. Clasificación del compromiso neurológico escala ASIA. Actualización 2019](#)

[Tabla 3. Efectos terapéuticos obtenidos de acuerdo con la frecuencia empleada](#)

[Tabla 4. Parámetros de la curva intensidad/tiempo \(I/T\).](#)

[Tabla 5. Parámetros medios de cronaxia de acuerdo con el segmento corporal a estimular en individuos sanos](#)

[Tabla 6. Parámetros de la curva Acomodación/Tiempo](#)

[Tabla 7. Características morfológicas y funcionales de las fibras musculares tipo I, IIa y IIb](#)

- [Tabla 8. Parámetros de estimulación eléctrica para activación muscular con corriente EENM O NMES](#)
- [Tabla 9. Parámetros de estimulación eléctrica para la activación muscular a partir de corriente FES](#)
- [Tabla 10. Parámetros de estimulación eléctrica para activación muscular con corriente rusa-Kotz](#)
- [Tabla 11. Parámetros de estimulación eléctrica para activación muscular con corriente farádica](#)
- [Tabla 12. Parámetros de estimulación eléctrica para la activación muscular a partir de corriente exponencial](#)
- [Tabla 13. Dimensiones de electrodos de superficie y máxima intensidad a programar en corrientes con componente galvánico](#)
- [Tabla 14. Efectos fisiológicos inducidos por el cátodo y el ánodo](#)
- [Tabla 15. Parámetros recomendados para inducir contracción muscular](#)
- [Tabla 16. Parámetros de estimulación eléctrica para el manejo de la espasticidad con TENS](#)
- [Tabla 17. Parámetros de estimulación eléctrica para el manejo de la espasticidad con FES](#)
- [Tabla 18. Características de dosificación en la modalidad TENS](#)
- [Tabla 19. Parámetros de estimulación eléctrica para manejo de dolor neuropático con TENS](#)
- [Tabla 20. Parámetros de estimulación eléctrica para manejo de dolor con corriente Träbert](#)
- [Tabla 21. Parámetros de estimulación eléctrica para manejo de dolor con corrientes diadinámicas](#)
- [Tabla 22. Parámetros de estimulación eléctrica para manejo de dolor con corrientes interferenciales](#)
- [Tabla 23. Principales medicamentos de uso tópico empleados en iontoforesis](#)

Agradecimientos

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a los estudiantes y profesionales del área de la rehabilitación, quienes a través de sus experiencias y saberes nos motivaron e inspiraron en la elaboración de este recurso académico que —estamos seguros— contribuirá a su fundamentación teórica y praxis clínica.

A nuestros colegas del programa de Fisioterapia de la Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud de la Universidad del Rosario, por su constante apoyo motivacional en la consecución de este producto de investigación, en especial a la fisioterapeuta y docente Estefanía Torres Sánchez, por su revisión teórica de ciertos ejes temáticos que constituyen esta obra académica.

Por último, pero no menos importante, extendemos nuestra gratitud a nuestras familias, por su soporte, acompañamiento y continuo aliciente, en particular a la pedagoga y magíster en Educación de la Universidad Externado de Colombia Sandra Hurtado Cortés, por su aporte en la composición textual de este libro.

Prólogo

En este libro los lectores encontrarán bases teóricas y prácticas para la comprensión de los cambios morfológico-funcionales de las personas que padecen una lesión en la médula espinal. Adicionalmente, se plantean principios y protocolos para su tratamiento encaminados al uso de la electroestimulación, herramienta terapéutica considerada como una de las más prometedoras en el campo de la rehabilitación para este tipo de pacientes.

Esta obra es el resultado de una profunda revisión del tema basada en evidencia científica reciente, que logra consolidar conocimiento y saberes en torno a este eje clínico-terapéutico, y que brinda material para la comprensión de esta condición patológica, sus efectos y el tratamiento basado en el empleo de la electroestimulación, una de las técnicas más empleadas en los procesos de neurorrehabilitación en personas con esta condición debido a su capacidad de generar potenciales de acción, cuya propagación conduce a la contracción muscular, a la modulación del dolor, al control de la espasticidad y a la mejora de la función motora, entre otras ventajas. La estimulación eléctrica, sin lugar a dudas, se ha convertido en una importante intervención terapéutica coadyuvante para muchos objetivos terapéuticos, lo que hace que esta tecnología experimente cambios importantes para aumentar su eficacia y su adopción en clínica de forma

generalizada, facilitando así los procesos de neuroplasticidad y restauración.

Desde el primer momento se pensó en un recurso que facilitara un proceso de aprendizaje y toma de decisiones, tanto para estudiantes como para profesionales interesados en las áreas clínicas y de rehabilitación. Así mismo, se espera que la información plasmada pueda afianzar muchos conocimientos, pero también ayude a resolver algunas inquietudes en relación con la complejidad fisiológica y funcional que genera la lesión en la médula espinal y los beneficios obtenidos del uso terapéutico de la corriente eléctrica. Se resalta que las secciones contenidas en este libro cuentan con facilitadores visuales como tablas, gráficos, mapas conceptuales y apuntes clave que aportan a la comprensión de las temáticas y conceptos tratados.

Reconocemos especialmente la participación de profesionales y docentes del área de la fisioterapia que, a través de sus conocimientos, saberes y experticia adquiridos durante la trayectoria formativa y profesional, su capacidad investigativa, el trabajo colaborativo y el uso de múltiples recursos electrónicos, se convirtieron en el propósito principal y de motivación para el desarrollo de este material educativo. Como miembros de la línea de profundización en el área clínica en rehabilitación, esperamos cumplir las expectativas de la audiencia y, de esta manera, contribuir al gusto por la ciencia e investigación que es nuestra misión, respondiendo a la formación de más profesionales en el campo, que a su vez aporten mejores estrategias en el área de la rehabilitación y con un valor agregado que apunte a la vocación de servicio.

Introducción

La estimulación eléctrica implica el uso de corriente externa por parte de un estimulador para facilitar cambios en procesos fisiológicos y vías metabólicas. Es una herramienta fundamental del quehacer profesional del fisioterapeuta en el que diferentes modalidades de corriente son empleadas para inducir respuestas bioeléctricas indispensables para el diagnóstico y el tratamiento de múltiples condiciones patológicas.

Esta modalidad de intervención se ha propuesto y empleado como una promisorio estrategia terapéutica para el tratamiento de comorbilidades y deficiencias funcionales ocasionadas por la lesión medular (en adelante, LM), a razón de las adaptaciones estructurales que son ocasionadas por la estimulación eléctrica a nivel celular y que promueven mecanismos de reparación y regeneración nerviosa.

Este libro está dirigido a estudiantes, docentes y profesionales en el área de la Fisioterapia, interesados en el campo de la neurorehabilitación. Brinda una orientación teórico-práctica a partir de principios fisiológicos y terapéuticos sustentados en evidencia científica y clínica, que facilitará la elección de la mejor modalidad electroterapéutica para el abordaje de las complicaciones y secuelas funcionales subsiguientes a la lesión de la médula espinal, contribuyendo a la comprensión de los mecanismos

de acción neuromuscular inducidos a partir de su aplicación y su correcta prescripción.

Este material cuenta con múltiples estrategias pedagógicas como apuntes clave, casos clínicos y actividades lúdicas de aprendizaje durante el desarrollo de las secciones para enfatizar aspectos relevantes, alentar el análisis y poner en práctica lo aprendido. Así mismo, incluye un glosario con conceptos útiles.

El objetivo de este libro es proporcionar una guía de fundamentación teórico-práctica basada en la evidencia que facilite la comprensión de los mecanismos de acción terapéutica, el uso y la prescripción de la electroestimulación (EE) como estrategia coadyuvante para la rehabilitación de personas con daño en la médula espinal.

Capítulo I

Electroestimulación y restauración neuromotora

La lesión de la médula espinal se constituye como una de las condiciones neuromusculares traumáticas y no traumáticas más prevalentes que afectan al sistema nervioso central (SNC) en el mundo (Mehdar et al., 2019). Esta afección, en la gran mayoría de los casos, induce importantes deficiencias funcionales que limitan la independencia y generan altos índices de discapacidad en estas personas.

De acuerdo con la revisión realizada en el año 2017 por Kang y colaboradores, la incidencia de lesión medular (en adelante, LM) en países desarrollados varía de 13,0 a 163,4 casos por millón de habitantes. Este panorama es un tanto más desalentador en países en vía de desarrollo, donde la incidencia llega a alcanzar entre 13,0 a 220,0 personas por millón de habitantes. De igual forma, es claro que este tipo de condición es más frecuente en hombres que en mujeres, con una relación que varía entre 1,10 y 6,69 hombres por cada mujer (Kang et al., 2017).

El alto impacto socioeconómico a sistemas de salud, pacientes y/o cuidadores primarios la convierte en una de las patologías del sistema nervioso de mayor estudio por parte de académicos y clínicos, y en foco de interés de los sectores gubernamentales en la generación de alternativas en torno a políticas públicas.

Se debe destacar igualmente el gran impacto psicosocial que esta condición genera en los individuos que la padecen y en sus familias. La LM obliga a las personas a depender funcionalmente de sus cuidadores en la gran mayoría de los casos, por lo que el autoestima, la independencia, la imagen corporal, así como su rol social, se ven fuertemente afectados, generando la presencia de trastornos como la ansiedad y la depresión en el 27 % de los pacientes, tal y como lo describe un estudio realizado en el año 2019 (Zürcher et al., 2019).

Adicionalmente, las barreras físicas y sociales restringen la participación de estos individuos, tanto en su vida doméstica como laboral, pues a pesar de la capacidad y el empeño de algunos pacientes por reanudar su rol laboral, solo un 35 % lo retoma (Merritt et al., 2019).



Apunte clave

En Estados Unidos se ha reportado que el costo de intervenciones quirúrgicas en pacientes con LM alcanza los 50 000 dólares por paciente. A esta cuantía se suma el valor asociado a tratamientos médicos y rehabilitadores que pueden llegar incluso a los 30 000 dólares (Merritt et al., 2019).

Es evidente que la médula espinal es la vía principal de comunicación entre el encéfalo y las demás estructuras corpóreas ([figura 1](#), A). Se encuentra conformada por diferentes tractos ascendentes y descendentes cuyas funciones son transmitir información nerviosa desde otras estructuras hacia el cerebro y desde este hacia la periferia,

respectivamente ([figura 1](#), B); por lo tanto, cualquier daño desencadena una sintomatología específica.

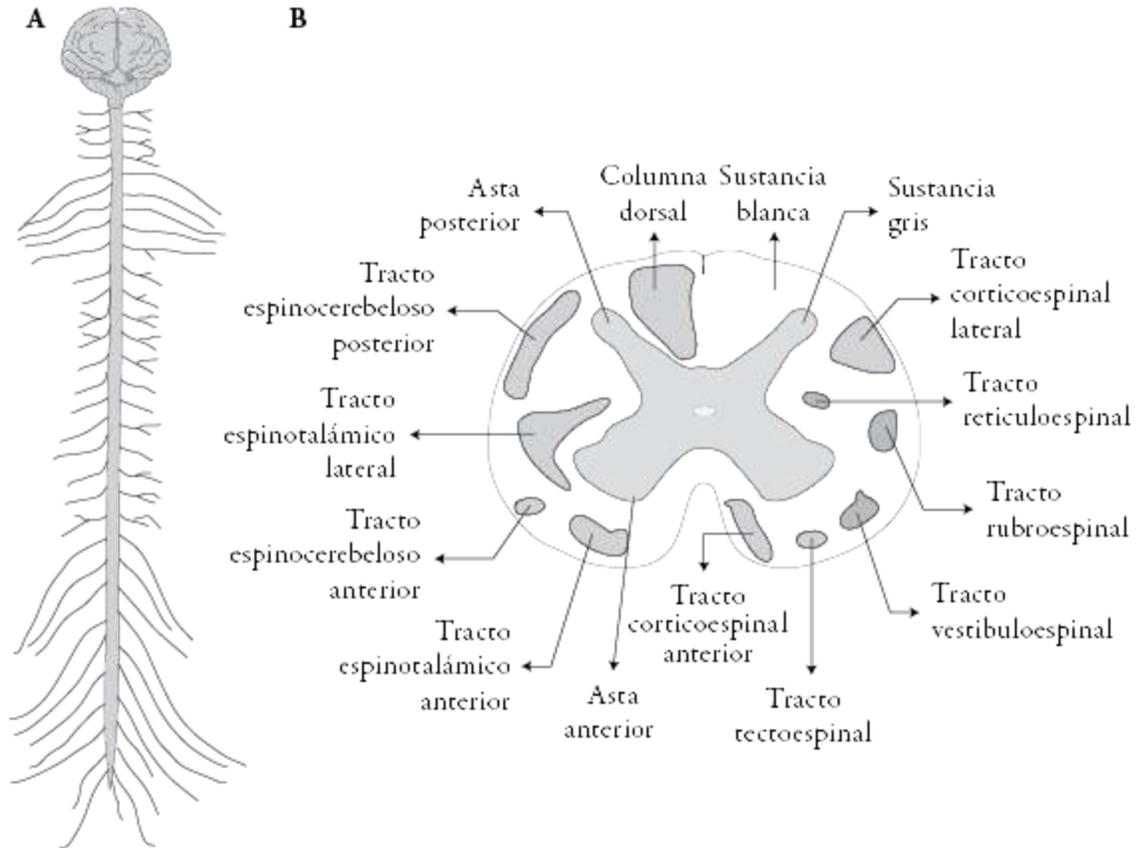


Figura 1. Macroestructura de la médula espinal

A. Sistema nervioso central y periférico. B. Tractos ascendentes y descendentes de la médula espinal.

Fuente: Elaboración propia.

La etiología de esta condición es multicausal pues hay varios factores, tanto traumáticos como no traumáticos, vinculados al padecimiento de esta patología. Es claro que los traumatismos representan a nivel mundial un 90 % de los casos de LM (Alizadeh et al., 2019). En Estados Unidos las principales causas traumáticas vinculadas al daño medular son los accidentes de tránsito, con un 39 %, y las caídas, con el 31 % (National sci Statistical Center, 2019).

En Colombia el panorama no es diferente, el 80 % de los pacientes con lesión en la médula espinal han tenido daño por contusiones: con arma de fuego se genera el 50 % de los casos, seguida de los accidentes automovilísticos con un 15 %, y las caídas con el 14 % (Carvajal et al., 2015; Henao Lema y Pérez Parra, 2010). En general, alrededor del mundo las causas no traumáticas como los tumores medulares, las enfermedades neurodegenerativas y las patologías congénitas generan aproximadamente un 30 % de los casos de LM (Grassner et al., 2016).



Apunte clave

La mayor incidencia de LM en la población global oscila entre las edades de 15 a 30 años y por encima de los 60 años (Alizadeh et al., 2019).

Cualquiera que sea el factor causal que ocasione la LM, el proceso fisiopatológico asociado lleva a daños primarios y secundarios a nivel micro y macro estructural en el tejido nervioso a lo largo del tiempo ([figura 2](#)). Los primeros corresponden a los daños estructurales, muerte celular y disrupción axonal inmediatos al daño medular en función del mecanismo y nivel de lesión. Los mecanismos secundarios ocurren unos minutos después de la lesión primaria y continúan durante semanas o meses causando daños progresivos en el sitio específico de lesión, pero también alrededor del mismo (Orr y Gensel, 2017).

La lesión secundaria puede dividirse en tres fases de acuerdo con los procesos presentados y el tiempo en el que transcurren. La fase aguda incluye daño vascular, desequilibrio iónico, excitotoxicidad por influencia de

componentes de calcio y acumulación de neurotransmisores, edema y neuroinflamación. En la fase subaguda y con el progreso de los mencionados acontecimientos, comienza la fase de muerte celular, degeneración walleriana, activación y formación de cicatriz glial alrededor del sitio de la lesión. En la fase crónica se da un proceso de maduración cicatricial que de alguna u otra forma interfiere en el proceso de recuperación axonal (Alizadeh et al., 2019).

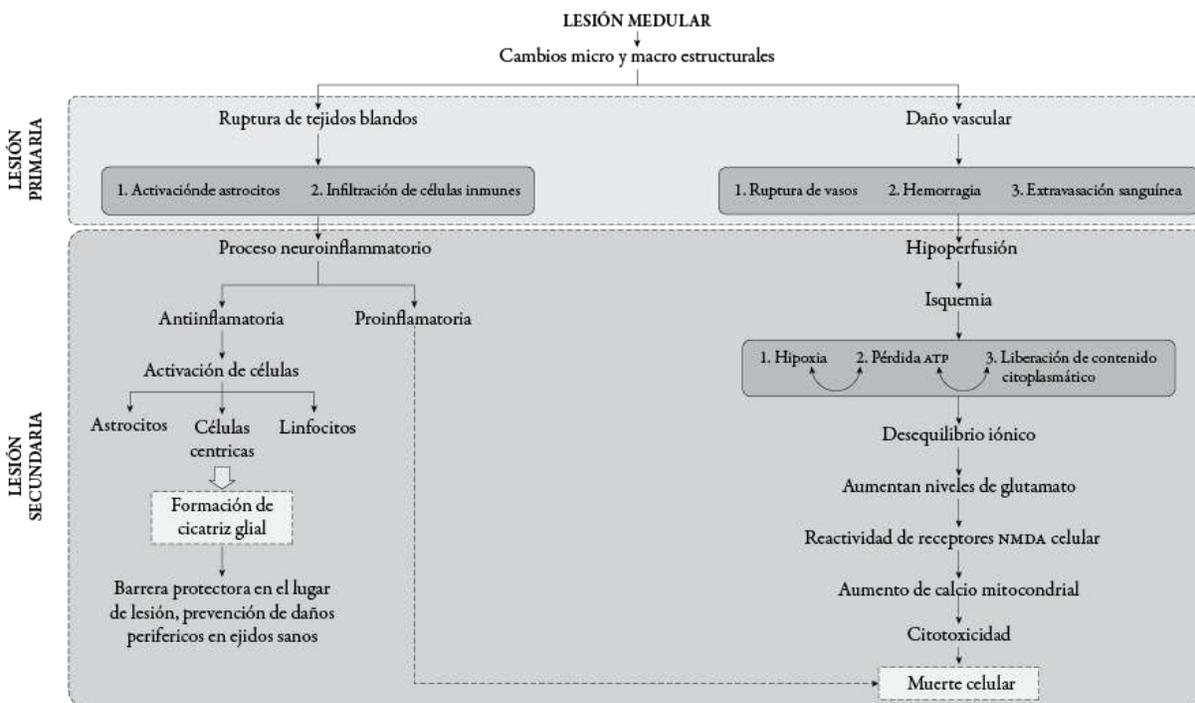


Figura 2. Principales mecanismos fisiopatológicos en la lesión medular

Fuente: Elaboración propia.

El daño vascular inmediato a la lesión debido a la ruptura de pequeños y grandes vasos sanguíneos ocasiona, en primera instancia, hemorragia y extravasación sanguínea, lo cual favorece la interrupción del suministro sanguíneo e hipovolemia en la médula espinal. Estos cambios