

# Comité de Consenso sobre la Adecuación de la Neuroestimulación (NACC): Recomendaciones para la Técnica Quirúrgica para la Estimulación de la Médula Espinal


## The Neurostimulation Appropriateness Consensus Committee (NACC): Recommendations for Surgical Technique for Spinal Cord Stimulation

Publicado originalmente en la Revista Neuromodulation 2022; 25: 1–34.

Traducción: Dr. Sergio Sacchettoni.

Timothy R. Deer, MD<sup>1</sup>; Marc A. Russo, MBBS, DA (UK)<sup>2</sup>; Jay S. Grider, DO, PhD, MBA<sup>3</sup>; Jason Pope, MD<sup>4</sup>; Philippe Rigoard, MD, PhD<sup>5</sup>; Jonathan M. Hagedorn, MD<sup>6</sup>; Ramana Naidu, MD<sup>7</sup>; Denis G. Patterson, DO<sup>8</sup>; Derron Wilson, MD<sup>9</sup>; Timothy R. Lubenow, MD<sup>10</sup>; Asokumar Buvanendran, MD<sup>11</sup>; Samir J. Sheth, MD<sup>12</sup>; Rany Abdallah, MD, PhD<sup>13</sup>; N. Nick Knezevic, MD, PhD<sup>14</sup>; Stefan Schu, MD<sup>15</sup>; Harold Nijhuis, MD<sup>16</sup>; Pankaj Mehta, MD<sup>17</sup>; Ricardo Vallejo, MD, PhD<sup>18</sup>; Jay M. Shah, MD<sup>19</sup>; Michael E. Harned, MD<sup>20</sup>; Navdeep Jassal, MD<sup>21</sup>; Jose Manuel Gonzalez, PhD, MD<sup>22</sup>; Thomas P. Pittelkow, DO, MPH<sup>23</sup>; Shachi Patel, MD<sup>24</sup>; Stana Bojanic, MB, BS<sup>25</sup>; Kenneth Chapman, MD<sup>26</sup>; Natalie Strand, MD<sup>27</sup>; Alexander L. Green, MD, BSc, MBBS<sup>28</sup>; Peter Pahapill, MD, PhD<sup>29</sup>; Alessandro Dario, MD<sup>30</sup>; Fabian Piedimonte, MD<sup>31</sup>; Robert M. Levy, MD, PhD<sup>32</sup>

Correspondencia a: Timothy R. Deer, MD, The Spine and Nerve Centers of the Virginias, 400 Court Street, Suite 100, Charleston, WV 25301, USA. email: [doctdeer@aol.com](mailto:doctdeer@aol.com)

Editor: Dr. Nelson Quintanal Cordero. 

<sup>1</sup> The Spine and Nerve Centers of the Virginias, Charleston, WV, USA;

<sup>2</sup> Hunter Pain Specialists, Newcastle, New South Wales, Australia;

<sup>3</sup> UKHealthCare Pain Services, Department of Anesthesiology, University of Kentucky College of Medicine, Lexington, KY, USA;

<sup>4</sup> Evolve Restorative Center, Santa Rosa, CA, USA;

<sup>5</sup> Department of Spine Surgery and Neuromodulation, PRISMATICS Lab, Poitiers University Hospital, Poitiers, France;

<sup>6</sup> Department of Anesthesiology and Perioperative Medicine, Division of Pain Medicine, Mayo Clinic, Rochester, MN, USA;

<sup>7</sup> California Orthopedics & Spine, Larkspur, CA, USA;

<sup>8</sup> Nevada Advanced Pain Specialists, Reno, NV, USA;

<sup>9</sup> Goodman Campbell Brain and Spine, Department of Neurological Surgery, Indiana University School of Medicine, Indianapolis, IN, USA;

<sup>10</sup> Department of Anesthesiology, Rush University Medical Center, Chicago, IL, USA;

<sup>11</sup> Department of Anesthesiology, Rush University Medical Center, Chicago, IL, USA;

<sup>12</sup> Department of Anesthesiology and Pain Medicine, University of California, Davis, Davis, CA, USA;

<sup>13</sup> Center for Interventional Pain and Spine, Milford, DE, USA;

<sup>14</sup> Department of Anesthesiology and Surgery at University of Illinois, Department of Anesthesiology, Advocate Illinois Masonic Medical Center, Chicago, IL, USA;

<sup>15</sup> Leitender Arzt Neuromodulation, Neurochirurgie, Sana Kliniken Duisburg GmbH, Duisburg, Germany;

<sup>16</sup> Department of Anesthesiology, St. Antonius Hospital, Nieuwegein, The Netherlands;

<sup>17</sup> Pain Specialists of America, Austin, TX, USA;

<sup>18</sup> Millennium Pain Center, Bloomington, IL, USA;

<sup>19</sup> SamWell Institute for Pain Management, Colonia, NJ, USA;

<sup>20</sup> UKHealthCare Pain Services, Department of Anesthesiology, University of Kentucky College of Medicine, Lexington, KY, USA;

<sup>21</sup> Spine & Pain Institute of Florida, Lakeland, FL, USA;

<sup>22</sup> Hospital Clínico Universitario Virgen de la Victoria, Servicio Andaluz de Salud, Málaga, Spain;

<sup>23</sup> Division of Pain Medicine, Department of Anesthesiology and Perioperative Medicine, Mayo Clinic College of Medicine and Science, Rochester, MN, USA;

<sup>24</sup> Delmarva Spine and Pain Center, Newark, DE, USA;

<sup>25</sup> Department of Neurosurgery, Oxford University Hospitals NHS Foundation Trust, Oxford, England, UK;

<sup>26</sup> Department of Anesthesiology, Perioperative Care, and Pain Medicine, The Pain and Spine Institute of New York, New York, NY, USA;

<sup>27</sup> Department of Anesthesiology, Division of Pain Medicine, Mayo Clinic, Phoenix, AZ, USA;

<sup>28</sup> Nuffield Department of Surgical Sciences, Oxford University, Oxford, England, UK;

<sup>29</sup> Functional Neurosurgery, Medical College of Wisconsin, Milwaukee, WI, USA;

<sup>30</sup> Department of Neurosurgery, ASST Settelaghi, Insubria University, Varese, Italy;

<sup>31</sup> Fundación CENIT—University of Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina;

<sup>32</sup> International Neuromodulation Society, Neurosurgical Services, Clinical Research, Anesthesia Pain Care Consultants, Tamarac, FL, USA

## Resumen

**Introducción:** El campo de la neuroestimulación para el tratamiento del dolor crónico es un área de la medicina en rápido desarrollo. Aunque las terapias de neuroestimulación han avanzado significativamente como resultado de las mejoras tecnológicas; la planificación quirúrgica, la colocación del dispositivo y la atención posoperatoria son de igual importancia para optimizar los resultados. Este proyecto del Comité de Consenso sobre la Adecuación de la Neuroestimulación (NACC, por sus siglas en inglés) pretende proporcionar orientación basada en la evidencia que a menudo se pasa por alto para estas áreas de la práctica de la neuroestimulación.

**Materiales y métodos:** Los autores se eligieron en función de su experiencia clínica, familiaridad con la literatura revisada por pares, productividad de la investigación y contribuciones a la literatura sobre neuromodulación. Los líderes de sección supervisaron las búsquedas bibliográficas en MEDLINE, BioMed Central, Current Contents Connect, Embase, International Pharmaceutical Abstracts, Web of Science, Google Scholar y PubMed desde la última publicación de NACC en 2017 hasta el presente. Los estudios identificados se calificaron utilizando los criterios del Grupo de trabajo de servicios preventivos de los Estados Unidos para la evidencia y la certeza del beneficio neto. Las recomendaciones se basan en la solidez de la evidencia y el consenso cuando la evidencia era escasa.

**Resultados:** Este proyecto NACC brinda orientación sobre la evaluación preoperatoria, las técnicas intraoperatorias y el manejo posoperatorio en forma de puntos de consenso con apoyo en la evidencia. Estos resultados se basan en el grado de evidencia, la fuerza del consenso y la opinión de expertos.

**Conclusiones:** El NACC ha brindado orientación para un plan quirúrgico que abarca la atención del paciente desde la etapa de planificación hasta la experiencia quirúrgica y la atención posoperatoria. Las recomendaciones generales están diseñadas para mejorar la eficacia y la seguridad de estos procedimientos de neuromodulación a los que se someten los pacientes y están destinadas a aplicarse en toda la comunidad internacional.

## Palabras clave

Mejores prácticas, consenso, estimulación de la médula espinal, técnica quirúrgica, neuroestimulación.

## Abstract

**Introduction:** The field of neurostimulation for the treatment of chronic pain is a rapidly developing area of medicine. Although neurostimulation therapies have advanced significantly as a result of technologic improvements, surgical planning, device placement, and postoperative care are of equal importance to optimize outcomes. This Neurostimulation Appropriateness Consensus Committee (NACC) project intends to provide evidence-based guidance for these often-overlooked areas of neurostimulation practice.

**Materials and Methods:** Authors were chosen based on their clinical expertise, familiarity with the peer-reviewed literature, research productivity, and contributions to the neuromodulation literature. Section leaders supervised literature searches of MEDLINE, BioMed Central, Current Contents Connect, Embase, International Pharmaceutical Abstracts, Web of Science, Google Scholar, and PubMed from the last NACC publication in 2017 to the present. Identified studies were graded using the United States Preventive Services Task Force criteria for evidence and certainty of net benefit. Recommendations are based on evidence strength and consensus when evidence was scant.

**Results:** This NACC project provides guidance on preoperative assessment, intraoperative techniques, and postoperative management in the form of consensus points with supportive evidence. These results are based on grade of evidence, strength of consensus, and expert opinion.

**Conclusions:** The NACC has given guidance for a surgical plan that encompasses the patient journey from the planning stage through the surgical experience and postoperative care. The overall recommendations are designed to improve efficacy and the safety of patients undergoing these neuromodulation procedures and are intended to apply throughout the international community.

**Keywords:** Best practices, consensus, spinal cord stimulation, surgical technique, neurostimulation.

## Introducción

La colocación de los dispositivos de neuroestimulación es un proceso complejo que involucra inicialmente la selección del paciente, la preparación del mismo y la planificación quirúrgica. Una vez que se ha tomado la decisión de implantar, la preparación adecuada incluye una evaluación preoperatoria cuidadosa, una planificación anatómica, un uso adecuado de la guía radiológica, la colocación adecuada de la aguja y el cable, las mejores prácticas de los métodos quirúrgicos para la implantación y el cierre de la herida. Se requiere una herida adecuada y otros cuidados posteriores al implante para obtener un resultado óptimo para el paciente y mejorar aún más la seguridad y la eficacia de las terapias de neuromodulación actuales. La Sociedad Internacional de Neuromodulación (INS, por sus siglas en inglés) y su panel de consenso, enfatizan que se debe obtener capacitación en técnicas quirúrgicas antes de iniciar una práctica de implante de estimulación de la médula espinal (SCS, por sus siglas en inglés) y que la simple revisión de un documento de consenso como este es insuficiente para brindar una capacitación adecuada. Con esto en mente, discutimos principalmente los detalles y matices de la práctica clínica que se deben considerar después de adquirir dicha capacitación quirúrgica.

## Materiales y métodos

### Proceso de desarrollo

Como parte de su misión de mejorar la atención al paciente y el acceso a técnicas avanzadas de neuromodulación, la INS formó el Comité de Consenso de la Adecuación de la Neuroestimulación (NACC), compuesto por miembros del INS de todo el mundo que fueron elegidos por su experiencia clínica, familiaridad con la literatura revisada por pares, investigación, productividad y contribuciones a la literatura sobre neuromodulación. En intervalos regulares, los miembros del NACC han evaluado el nivel de evidencia actual en la literatura revisada por pares que respalda prácticas específicas como las técnicas quirúrgicas, que se han identificado como críticas para mejorar la eficacia y/o seguridad.

Como guía de consenso, este documento proporciona recomendaciones sobre la técnica quirúrgica para los procedimientos de neuromodulación. Sin embargo, estas recomendaciones no deben interpretarse como una definición del estándar de atención, sino más bien como una representación de la mejor práctica clínica. Esta guía se basa en varios factores, incluida la evidencia revisada por pares e independientemente de la solidez de la evidencia, requiere interpretación para una mejor aplicación clínica.

### Métodos de búsqueda de la literatura

Los líderes de sección supervisaron las búsquedas bibliográficas para identificar artículos relevantes publicados desde la publicación de los artículos anteriores del NACC; por lo que este artículo es una actualización del proceso

NACC. Se realizaron búsquedas en las bases de datos MEDLINE, BioMed Central, Current Contents Connect, Embase, International Pharmaceutical Abstracts, Web of Science, Google Scholar y PubMed. Se redactaron secciones individuales después de revisar la literatura y se compiló y editó todo el manuscrito. Los puntos de consenso se desarrollaron en base a la evidencia y el consenso entre los miembros del comité y los revisores principales. Se citó la literatura de apoyo siguiendo estas recomendaciones y discusiones.

### Evaluación de la calidad, clasificación de la evidencia y nivel de certeza

La literatura identificada revisada por pares fue criticada utilizando los criterios del Grupo de trabajo de servicios preventivos de los Estados Unidos (USPSTF, por sus siglas en inglés) para la calidad de la evidencia,<sup>1</sup> con modificaciones para estudios de neuromodulación (Tabla 1). Después de que se asignó la calificación con letras del USPSTF, el subgrupo de trabajo asignó el "nivel de certeza con respecto al beneficio" como se describe en la Tabla 2.

Para cada tema principal, el NACC formuló puntos de consenso. Los resúmenes de puntos de consenso para cada sección principal no deben confundirse con las recomendaciones basadas únicamente en el consenso que se usó solo en aquellas áreas que carecían de literatura basada en evidencia (como ensayos controlados aleatorios [ECA], estudios observacionales prospectivos y/o cohorte/series de casos).

Clasificaciones de otras organizaciones, como los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC)<sup>2</sup> y la Organización Mundial de la Salud (OMS),<sup>3</sup> se incluyen para recomendaciones sobre infecciones del sitio quirúrgico (ISQ).

### Gestión de Conflicto de Interés

La política de conflicto de intereses del INS relativa a la producción de documentos guía determinó el proceso de divulgación. Esta política requiere que el primer y principal autor no tenga conflicto de intereses y que al menos la mitad de los autores tampoco tengan ningún conflicto de interés financiero.

(<https://onlinelibrary.wiley.com/page/journal/15251403/homepage/ForAuthors.html#cofi>). Además, se pidió a todos los autores que se abstuvieran de cualquier recomendación que se vea afectada por un conflicto de intereses revelado. Además, los autores sin conflicto de intereses examinaron todas las recomendaciones por parcialidad.

### Evaluación preoperatoria

Es imperativo que el equipo de implantación cree un plan que optimice la seguridad y eficacia del procedimiento de neuroestimulación. Para establecer este flujo de trabajo del paciente, el NACC recomienda crear una lista de verificación para asegurar el tratamiento uniforme de los casos de implantes. Una lista de verificación preoperatoria ayuda al personal clínico a prepararse para los procedimientos de

neuroestimulación (Tabla 3). La OMS también ha publicado una lista de verificación ampliamente utilizada.<sup>5</sup>

<b>Tabla 1.</b> Clasificación de la calidad de la evidencia utilizando el grado USPSTF.		
Grado	Definición	Sugerencias para la práctica
A	El NACC recomienda el servicio. Existe una alta certeza de que el beneficio neto es sustancial.	Ofrecer o proporcionar este servicio
B	El NACC recomienda el servicio. Hay una certeza alta de que el beneficio neto es moderado o hay una certeza moderada de que el beneficio neto es de moderado a sustancial.	Ofrecer o proporcionar este servicio
C	El NACC recomienda ofrecer o proporcionar selectivamente este servicio a pacientes individuales según el juicio profesional y las preferencias del paciente. Existe al menos una certeza moderada de que el beneficio neto es pequeño.	Ofrecer o proporcionar este servicio para pacientes seleccionados según las circunstancias individuales.
D	El NACC recomienda en contra del servicio. Existe una certeza moderada o alta de que el servicio no tiene un beneficio neto o que los daños superan a los beneficios.	Desalentar el uso de este servicio.
I (Declaración Insuficiente)	El NACC concluye que la evidencia actual es insuficiente para evaluar el balance de beneficios y daños del servicio. Falta evidencia, es de mala calidad o contradictoria, y no se puede determinar el balance de beneficios y daños.	Lea la sección de consideraciones clínicas de la declaración de recomendaciones del USPSTF. Si se ofrece el servicio, los pacientes deben comprender la incertidumbre sobre el balance de beneficios y daños.

### Educación Preoperatoria y Planificación

La educación del paciente ayuda a establecer expectativas realistas para la terapia SCS y ayuda a involucrar al mismo a la familia y a los cuidadores. Una discusión sobre el procedimiento previsto debe abordar las alternativas de tratamiento y las expectativas, la descripción del procedimiento, los componentes del neuroestimulador, los objetivos de la terapia, los posibles riesgos y complicaciones, los posibles resultados positivos y negativos, el deseo cosmético del paciente y la importancia del seguimiento. Una lista escrita de las responsabilidades preoperatorias del paciente puede reforzar las instrucciones verbales. Esta lista puede incluir la fecha, la hora y el lugar del procedimiento y recordatorios para obtener estudios de imagen previos, solicitar al paciente que suspenda medicamentos específicos antes del implante, llamar para cancelar el procedimiento en caso de que el paciente se enferme o decida no someterse al mismo, bañarse con un producto de limpieza adecuado antes de la cirugía y organizar el transporte hacia y desde el lugar de la cirugía.

La planificación preoperatoria también debe incluir la toma de decisiones con respecto a la colocación del generador de impulsos implantable (GPI) porque se relaciona con la estética, los puntos de referencia óseos, la forma del cuerpo, la mano dominante del paciente, el lugar donde el paciente usa su ropa y la movilidad articular (Fig. 1). El uso de una batería recargable versus no recargable, si está disponible, debe discutirse al igual que el uso de un dispositivo compatible condicionalmente con imágenes de resonancia magnética (IRM). El médico debe estar alerta a los factores de riesgo, como cicatrices quirúrgicas preexistentes; diabetes,

bien o mal controlada; hábito de fumar; infecciones activas; incumplimiento; y cuestiones psicológicas.

### Preparación perioperatoria

Antes de implantar un dispositivo, el médico debe considerar la cantidad de espacio anatómico dentro del espacio epidural requerido para el cable o cables (Fig. 2). Las imágenes preoperatorias e intraoperatorias pueden revelar las diferencias regionales e individuales en la anatomía de la columna que afectan la elección del nivel de entrada y la colocación del electrodo y del GPI (Fig. 2 b, c). Las imágenes preoperatorias deben examinarse cuidadosamente en busca de cambios que puedan complicar o impedir la colocación del cable, especialmente porque la entrada en la piel suele estar hasta dos niveles por debajo de la entrada en la columna. Los pacientes con estenosis espinal lumbar o cervical también pueden tener estenosis espinal torácica asintomática. En pacientes despiertos para los que se planea la colocación de un cable percutáneo, la capacidad de evaluar la respuesta del paciente durante el procedimiento del implante es esencial. En los casos en los que el médico no pueda conversar con el paciente o cuando existan dudas sobre la estenosis espinal, el médico debe ordenar un estudio de imágenes apropiado para evaluar el diámetro de la columna antes de la implantación del cable de prueba o permanente (Fig. 2a). Las opciones de imágenes son la resonancia magnética, la tomografía computarizada (TC) y mielograma por TC. Si no se puede ver líquido cefalorraquídeo (LCR) alrededor del cordón en la resonancia magnética o la tomografía computarizada, no se debe realizar un implante sin una descompresión quirúrgica previa de la

estenosis (Figura 2, Figura 3, Figura 4). Esta guía no se aplica a los cables de paleta.

<b>Tabla 2. Niveles de Certeza Sobre el Beneficio Neto.</b>	
Nivel de certeza	Descripción
Alto	La evidencia disponible incluye resultados consistentes de estudios bien diseñados y realizados en poblaciones representativas de atención primaria. Estos estudios evalúan los efectos del servicio preventivo en los resultados de salud. Por lo tanto, es poco probable que esta conclusión se vea fuertemente afectada por los resultados de estudios futuros.
	Nivel de evidencia: IA- Al menos un ensayo clínico controlado y aleatorizado, adecuadamente diseñado.
Moderado	La evidencia disponible es suficiente para determinar los efectos del servicio preventivo en los resultados de salud, pero la confianza en la estimación está restringida por factores tales como: • El número, el tamaño o la calidad de los estudios individuales • La inconsistencia de los hallazgos entre los estudios individuales • La cantidad limitada de generalización de los hallazgos a la práctica habitual de atención primaria • Falta de coherencia en la cadena de evidencia. A medida que se dispone de más información, la magnitud o dirección del efecto observado podría cambiar y este cambio puede ser lo suficientemente grande como para alterar la conclusión.
	Nivel de evidencia IB: ensayos clínicos bien diseñados, controlados y no aleatorizados (estudios observacionales prospectivos que se ajustan a los criterios STROBE) o nivel de evidencia IC: cohortes retrospectivas o estudios de casos grandes (>20 participantes).
Bajo	La evidencia disponible es insuficiente para evaluar los efectos sobre los resultados de salud. La evidencia es insuficiente debido a: •El número limitado, o el tamaño de los estudios •Defectos importantes en el diseño o los métodos del estudio •Inconsistencia de los hallazgos en los estudios individuales •Vacíos en la cadena de evidencia •Los hallazgos no se pueden generalizar a la práctica de atención primaria de rutina •Falta de información sobre resultados de salud importantes.
	Nivel de evidencia II- Opinión de expertos basada en riesgo: beneficio o basada en informes de casos.
Luego se asigna la recomendación de grado (A–I) y nivel de certeza (nivel I alto, nivel II moderado [1–3] o nivel II bajo). Para cada sección o tema principal, el NACC desarrolló puntos de consenso. Los resúmenes de puntos de consenso para cada sección principal no deben confundirse con recomendaciones basadas en el consenso que se presentan como orientación clínica debido a la falta de literatura basada en evidencia (ECA, estudios observacionales prospectivos, cohortes retrospectivas/series de casos). STROBE, Fortalecimiento del Reporte de Estudios Observacionales en Epidemiología.	

### Prácticas preoperatorias

Los tres tipos principales de infecciones relacionadas con la implantación de SCS son infecciones superficiales, infecciones profundas y abscesos epidurales (Fig. 3). Las ISQ están asociadas con una morbilidad y costos significativos; por lo tanto, se deben tomar las medidas adecuadas para limitar las ISQ al realizar implantes SCS. Durante la etapa preoperatoria, el enfoque debe estar en el reconocimiento de los factores de riesgo conocidos para el desarrollo de ISQ y en las formas de modificar estos factores. Los factores de riesgo del paciente asociados con una mayor probabilidad de infección incluyen respuesta inmunitaria alterada (p. ej., VIH/SIDA y uso de corticosteroides), diabetes, obesidad, infección remota, tabaquismo y portadores de estafilococos.<sup>6,7</sup> Antes de la cirugía, se deben tratar todas las infecciones remotas. Además, se debe optimizar el control de la glucosa (recomendación de los CDC, categoría IA) y se debe alentar a los pacientes a que suspendan el consumo de tabaco

(recomendación de los CDC, categoría IB). Cuando se requiere la eliminación del vello en el sitio quirúrgico, debe hacerse con cortadoras eléctricas inmediatamente antes de la cirugía (recomendación CDC Categoría IA). Se ha informado que la detección preoperatoria y la descolonización de portadores nasales de *Staphylococcus aureus* (*S. aureus* tanto sensibles como resistentes a la meticilina) con pomada nasal de mupirocina y jabón de clorhexidina reducen el riesgo de infección por *S. aureus* asociada al hospital.<sup>8</sup>

En cuanto al control de la glucosa, no se ha llegado a un consenso entre las subespecialidades quirúrgicas. El CDC recomienda niveles de glucosa en sangre perioperatorios <200 mg/dL en pacientes con y sin diabetes.<sup>2</sup> Al considerar la hemoglobina A1C, se ha reportado una mayor incidencia de complicaciones postoperatorias en pacientes con niveles  $\geq 7\%$ ,<sup>9</sup> y la Asociación Estadounidense de Diabetes recomienda niveles <7% como un objetivo aceptable de glucosa en sangre.<sup>10</sup> Otras fuentes han recomendado retrasar

<b>Tabla 3.</b> Lista de verificación preoperatoria.
Lista de verificación del procedimiento
Problemas médicos preoperatorios
___ Buscar evidencia de infecciones dérmicas, dentales, urológicas u otras infecciones activas o potenciales y tratar según sea necesario.
___ Pedir análisis de orina antes del procedimiento. Coordinar con signos y síntomas clínicos.
___ Abordar antecedentes de infección y hacer un plan de ajuste de profilaxis.
___ Revisar la resonancia magnética de la columna vertebral en los últimos 12 meses según el diagnóstico y la colocación planificada de la punta del estimulador.
___ Suspender la anticoagulación con la aprobación del médico tratante durante un período de tiempo antes del procedimiento que sea apropiado para el anticoagulante específico y el riesgo de hemorragia quirúrgica. El momento apropiado para la interrupción debe basarse en la vida media del medicamento y si el paciente está tomando el medicamento para prevención primaria o secundaria. Considere las pautas de ASRA para el manejo de medicamentos. <sup>4</sup> Sin medicamentos antiinflamatorios no esteroideos durante una semana si lo desea. No uso de ácido acetilsalicílico durante siete días. Suspender Warfarina o fondaparinux durante cinco días, clopidogrel durante siete a diez días y ticlopidina durante 10 a 14 días
___ Si el paciente tomaba Warfarina, solicite una prueba de tiempo de protrombina en la mañana del procedimiento o antes.
___ Revisar la evaluación psicológica y abordar cualquier recomendación.
___ Examine los sitios potenciales de implantación y el bolsillo de la batería en busca de infección o proceso inflamatorio.
___ Si existen posibles inquietudes técnicas o específicas del paciente, comuníquese con el médico tratante y/o el anestesiólogo antes del implante.
___ Educar al paciente/cuidador(es).
___ Obtener cobertura de seguro y documentar la necesidad médica.
Consideraciones quirúrgicas
___ Evaluar el estado de salud el día de la cirugía.
___ Haga que el paciente vacíe la vejiga antes de la operación.
___ Considere la prueba de COVID-19 según las recomendaciones de la política de atención médica local.
___ Obtener una puntuación de dolor inicial y revisar los objetivos generales del implante.
___ Revise la hoja de instrucciones postoperatorias con el paciente/cuidador antes de la operación.
___ Compruebe que el conductor adulto haya sido contratado para llevar al paciente a su casa.
___ Solicite antibióticos preoperatorios y administre de 30 a 60 minutos antes de la incisión o dentro de las dos horas para la Vancomicina. Las dosis de antibióticos deben basarse en el peso del paciente.
___ Haga arreglos para que la familia observe la programación y aprenda a recargar.
___ Confirmar la cita de seguimiento antes del alta.
___ Responder cualquier pregunta del paciente o cuidadores sobre el manejo de heridas postoperatorias.

la cirugía si los niveles son superiores en un rango de 8% a 9%.<sup>11,12</sup> En el postoperatorio inmediato, el Colegio Americano de Cirujanos recomienda niveles de glucosa en sangre entre 110 y 150 mg/dL.<sup>13</sup>

Se informa una variabilidad similar en la literatura publicada sobre las recomendaciones perioperatorias para dejar de fumar. El Colegio Estadounidense de Cirujanos aboga por dejar de fumar de cuatro a seis semanas antes de la cirugía, particularmente en procedimientos que involucran materiales implantados<sup>13</sup> porque se ha informado una reducción en las complicaciones relacionadas con la herida cuando los pacientes dejan de fumar de cuatro a ocho semanas antes de la cirugía.<sup>14,15</sup> Más allá de las complicaciones de la cicatrización de las heridas y los riesgos elevados de infección, los investigadores han descubierto que los consumidores de tabaco tienen peores resultados con SCS.<sup>16</sup> Es importante ser consciente de estos riesgos y los médicos deben estar preparados para hablar sobre el abandono del hábito de fumar

porque la población SCS tiene una prevalencia estimada de tabaquismo que es 2,5 veces mayor que la de la población general.<sup>17</sup>

Se debe usar terapia antibiótica profiláctica (categoría IB por recomendación de los CDC) y se ha demostrado, tanto en estudios clínicos como en animales, que reduce el riesgo de ISQ.<sup>18, 19, 20</sup> Además, se ha demostrado que la profilaxis con antibióticos es una intervención eficaz para prevenir la infección posoperatoria de la herida, independientemente del tipo de cirugía, lo que da como resultado una reducción de aproximadamente el 50% en la incidencia de infecciones de la herida.<sup>21</sup> Múltiples factores están involucrados en la profilaxis antimicrobiana óptima, como la selección del agente, el momento, la vía de administración y la duración, la función renal y la dosificación adecuada. Se ha demostrado que la falta de optimización de la terapia antimicrobiana aumenta el riesgo de infección entre dos y seis veces.<sup>22</sup> Los antibióticos intravenosos deben administrarse dentro de una

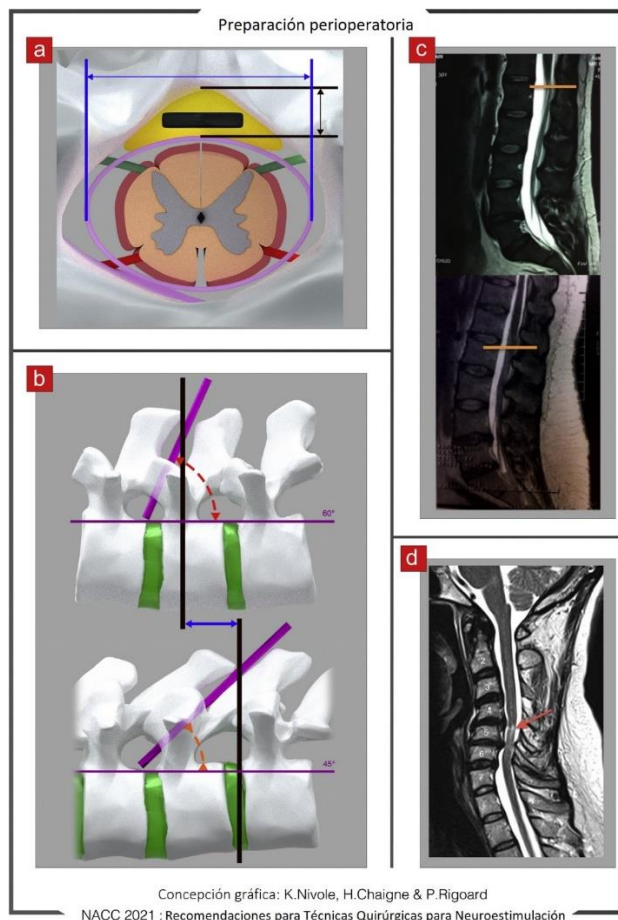
hora antes de la incisión quirúrgica o dentro de las dos horas antes de la incisión quirúrgica con el uso de la vancomicina.



**Figura 1.** Planificación preoperatoria. La morfología del paciente puede influir en la elección del lugar de implantación del GPI y debe tenerse en cuenta antes del procedimiento de implantación. Foto cortesía de Philippe Rigoard y usada con permiso.

Aunque se ha puesto gran énfasis en el momento apropiado de la administración de la profilaxis antibiótica antes de la incisión, la dosificación basada en el peso es otro factor que juega un papel en la eficacia de la terapia. Para que la profilaxis antimicrobiana sea eficaz en la prevención de las ISQ, los niveles séricos y tisulares deben superar la concentración inhibitoria mínima (MIC) para los organismos que probablemente se encuentren durante la operación.<sup>23, 24</sup> Para la profilaxis antimicrobiana en casos de SCS, se recomienda una dosis única de una cefalosporina. La dosificación preoperatoria actual de cefazolina, basada en el peso, es de 1 g para individuos que pesan <80 kg, 2 g para individuos de 81 a 160 kg y 3 g para individuos >160 kg.<sup>23</sup> Para personas con alergia a betalactámicos, se puede usar clindamicina (600 a 900 mg según el peso) o vancomicina (1 g). La vancomicina no debe usarse de forma rutinaria (Recomendación CDC Categoría IB). Las indicaciones para el uso de vancomicina incluyen alergia a betalactámicos,

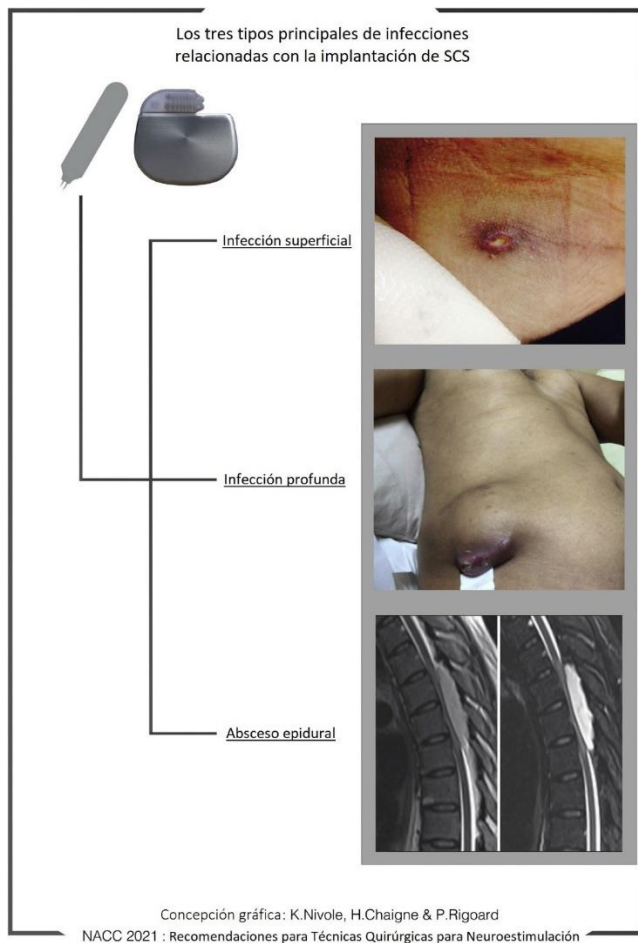
colonización por *S. aureus* resistente a la metilina (MRSA), pacientes institucionalizados (residencias de ancianos, centros de atención a largo plazo, etc.), o si se realiza un procedimiento quirúrgico en un centro con un brote reciente de MRSA.<sup>25</sup> No se han documentado ventajas para el uso de antibióticos después de la implantación de SCS.<sup>26</sup> Además, en otras especialidades quirúrgicas no se ha demostrado que el uso prolongado de antibióticos en el período posoperatorio mejore los resultados y en algunos estudios ha resultado en malos resultados.<sup>27,28</sup>



**Figura 2.** Preparación perioperatoria. a. Evaluación morfológica preoperatoria del espacio epidural posterior. b. Las diferencias individuales en la anatomía de la columna (aquí, la oblicuidad de las apófisis espinosas) pueden afectar el nivel inicial de implantación del cable. Las líneas fucsias indican el ángulo de entrada. c. Deben tenerse en cuenta las diferencias individuales en la anatomía de la médula espinal, que aquí muestra el cono medular en el nivel vertebral L1 (imagen superior) y en L2 (imagen inferior), para optimizar la colocación del cable. d. En este caso de estenosis cervical con mielopatía no se debe realizar un implante sin previa descompresión quirúrgica de la estenosis. Fotos cortesía de Philippe Rigoard y usadas con autorización.

Punto de consenso 1. El NACC recomienda que la evaluación pre/perioperatoria incluya imágenes de la zona objetivo según el juicio clínico y la planificación previa al procedimiento de la colocación del dispositivo según las consideraciones anatómicas, clínicas y de preferencia del

paciente. Recomendación grado A; nivel de certeza moderado; nivel de evidencia IC.  
 Punto de consenso 2. El NACC recomienda el uso preoperatorio de antibióticos según los criterios descritos en detalle en el texto. El NACC reconoce que la literatura actual no respalda la terapia antibiótica posterior al implante; sin embargo, el juicio clínico y las circunstancias clínicas deben guiar el tratamiento porque la literatura sugiere poco beneficio de los antibióticos posteriores al implante pero no identifica un mayor riesgo de daño para un paciente individual; más bien, el riesgo es una resistencia a los antimicrobianos más amplia basada en la población derivada de la aplicación indiscriminada de la terapia con antibióticos. Recomendación grado A; nivel de certeza alto; nivel de evidencia I (recomendación IC de los CDC).

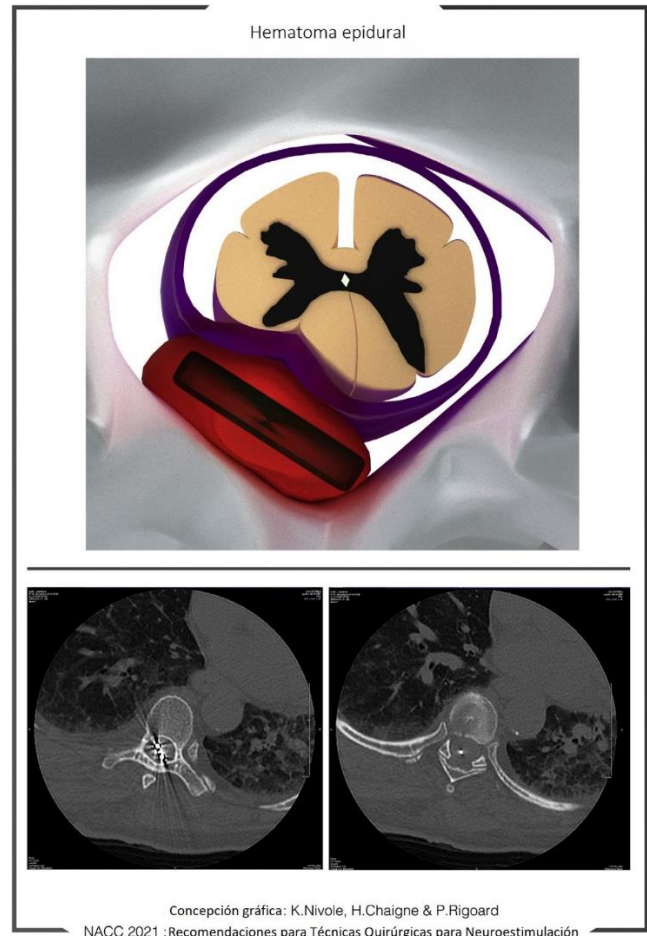


**Figura 3.** Los tres tipos principales de infecciones relacionadas con la implantación de SCS. Fotos cortesía de Philippe Rigoard y usadas con autorización.

### Evaluación de la piel y los tejidos

La ISQ es la infección adquirida en el hospital más común y ocurre en el 1,9% de todas las cirugías y en el 1% al 9% de las cirugías de columna.<sup>29, 30</sup> La aparición de ISQ se asocia con una mayor morbilidad, peores resultados y mayores costos médicos debido a la hospitalización adicional.<sup>29</sup> Los

microorganismos más comunes que causan ISQ son bacterias grampositivas y suelen ser endógenas.<sup>29</sup> Por lo tanto, una preocupación principal de la preparación preoperatoria de la piel y los tejidos es la minimización del riesgo de ISQ a través de la eliminación, reducción rápida e inhibición del crecimiento de rebote de microbios transitorios, todo mientras se minimiza la irritación de la piel y los tejidos.<sup>31</sup>



**Figura 4.** Hematoma epidural. La imagen y la descompresión inmediatas son esenciales. Vista esquemática (arriba). Signos radiológicos de TC indirectos de compresión de la médula espinal visibles a pesar de los artefactos del cable (abajo). La derivación multicolumna y los cables adyacentes parecen asimétricos debido a la lateralización de la derivación. Los materiales externos se proyectan en el medio del canal espinal. Fotos cortesía de Philippe Rigoard y usadas con autorización.

Tradicionalmente, la depilación preoperatoria se ha utilizado ampliamente para aumentar el acceso a la piel y evitar la contaminación de la herida.<sup>32</sup> Sin embargo, la evidencia de una revisión sistemática de Cochrane encontró que no hay un efecto significativo en las tasas de ISQ después de la depilación.<sup>33</sup> De hecho, algunos informes sugieren que el afeitado puede promover la infección de la herida al causar daño epidérmico.<sup>34,35</sup> Cuando es necesaria la depilación, las cortadoras eléctricas son el método preferido, ya que se han asociado con tasas más bajas de ISQ que las maquinillas de afeitar.<sup>33,35</sup>



De las 21.000 ISQ notificadas a la Red Nacional de Seguridad en Salud entre 2009 y 2010, el 30,4% fueron atribuidas a *S. aureus*.<sup>36</sup> La detección de organismos *Staphylococcus* y la posterior descolonización pueden reducir significativamente la tasa de ISQ en pacientes que se someten a una variedad de procedimientos quirúrgicos.<sup>29</sup> Los pacientes deben bañarse o ducharse antes de la cirugía, utilizando un jabón común o antimicrobiano.<sup>5</sup> Sin embargo, el beneficio de los baños antisépticos preoperatorios de rutina no es concluyente en la prevención de ISQ.<sup>32</sup>

En cuanto a la preparación de la piel en el sitio de la cirugía, se encuentran disponibles varios agentes antisépticos tópicos, incluido el alcohol (alcohol etílico al 60-90% o alcohol isopropílico al 50-91%), clorhexidina, yodóforos, cloroxileno, hipoclorito de sodio y triclosán.<sup>35,37,38</sup> En particular, el gluconato de clorhexidina (CHG) y la povidona yodada se usan ampliamente debido a su acción antimicrobiana de amplio espectro y su eficacia y seguridad en casi todas las superficies de la piel.<sup>35</sup> Hay pruebas mixtas al comparar su eficacia en la prevención de la ISQ.<sup>35,39</sup> La povidona yodada tiene un efecto bactericida más rápido que la CHG; sin embargo, la CHG tiene un efecto más persistente.<sup>37</sup> La elección de un agente de preparación de la piel requiere tener en cuenta las alergias y el estado de la piel del paciente, las contraindicaciones, el sitio quirúrgico, las recomendaciones del fabricante para el agente de preparación y la preferencia del cirujano.<sup>38</sup> El sitio quirúrgico es una consideración particularmente importante, porque la clorhexidina ha mostrado toxicidad ocular, otológica y neuronal.<sup>32,35</sup>

En particular, se demostró que el uso combinado de CHG y povidona yodada es seguro y eficaz para la preparación preoperatoria de la piel en pacientes que se sometieron a procedimientos neuroquirúrgicos. La técnica implica una limpieza del área de la incisión de 3 minutos con CHG, seguida de una limpieza de 30 segundos con povidona yodada.<sup>40</sup> Cuando se usa povidona yodada, dejar que se seque durante 10 minutos antes de la cirugía es un paso importante para reducir las bacterias en la piel,<sup>41</sup> y esta larga preparación debe formar parte del plan preoperatorio.

Punto de consenso 3. La NACC recomienda la depilación con maquinilla eléctrica en lugar de afeitarse, aunque la depilación puede no ser necesaria. Recomendación grado A; nivel de certeza alto; nivel de evidencia I.

Punto de consenso 4. El NACC recomienda una mayor atención a la preparación de la piel considerando la descontaminación antimicrobiana preoperatoria de la misma. Recomendación grado C; nivel de certeza bajo; nivel de evidencia II.

Punto de consenso 5. El NACC recomienda considerar un agente múltiple (clorhexidina y povidona yodada) como lavado prequirúrgico en la sala de operaciones.

Recomendación grado A; nivel de certeza moderado; nivel de evidencia IA.

### Manejo de antibióticos

Similar a otros procedimientos quirúrgicos, el uso de

profilaxis antibiótica preoperatoria es un paso vital para reducir el riesgo de ISQ.<sup>20</sup> En particular, se ha demostrado que la profilaxis antibiótica previa a la incisión reduce el riesgo de ISQ en aproximadamente un 50% y se ha demostrado un aumento de dos a seis veces en el riesgo de infección cuando no se optimiza la terapia antimicrobiana.<sup>21,22</sup> Ciertos aspectos del manejo quirúrgico de los antibióticos merecen especial atención y estas áreas incluyen la selección del agente, su dosificación, las consideraciones sobre la función renal y el momento de la administración.

### Selección de Agente

Al seleccionar un antibiótico, el fármaco debe ser eficaz contra los patógenos más comunes que infectan los dispositivos de neuromodulación implantables, y esto incluye *S. aureus* y *Staphylococcus epidermidis*.<sup>42</sup> También se deben sopesar los patrones de resistencia de la comunidad, porque estos matices pueden requerir la consideración de opciones de antibióticos atípicos. En general, para la cirugía de neuromodulación, en la mayoría de los pacientes se recomienda una dosis única de una cefalosporina. En aquellos pacientes con alergia a los betalactámicos, se puede utilizar con seguridad clindamicina o vancomicina. Es importante considerar la resistencia bacteriana y la administración de vancomicina debe restringirse a aquellos pacientes que son portadores conocidos de MRSA o pacientes con alto riesgo de colonización por MRSA.<sup>25</sup> Una alternativa con cobertura antibiótica similar a la vancomicina, incluido el MRSA, es la teicoplanina. En la Tabla 4 se dan las indicaciones para el uso de vancomicina.

### Dosificación de agentes

El objetivo de la administración de la profilaxis antibiótica quirúrgica es elevar los niveles efectivos del fármaco en suero y tejido por encima de la MIC antes de la incisión y durante la cirugía. Por esta razón, la dosificación y el momento de administración del agente son críticos. En la Tabla 5 se dan las recomendaciones de las dosificaciones adecuadas basadas en el peso del paciente.

### Momento de la administración

La administración de los antibióticos intravenosos debe programarse adecuadamente para alcanzar la MIC antes de la incisión y mantener la concentración de estos por encima de este nivel durante todo el procedimiento quirúrgico.

Desafortunadamente, se ha sugerido que solo aproximadamente la mitad de los pacientes recibieron adecuadamente antibióticos profilácticos dentro de una hora antes de la incisión como se recomienda para todos los antibióticos, excepto la vancomicina.<sup>44</sup> Específicamente en la medicina del dolor, una encuesta internacional de la Sociedad Estadounidense de Anestesia Regional (ASRA, por sus siglas en inglés), el INS y los miembros de la Academia Estadounidense de Medicina del Dolor informaron que el 98,0% de los encuestados de los Estados Unidos y el 92,9% de los europeos (97,9% en general) administraron antibióticos dentro de los

<b>Tabla 4.</b> Prácticas recomendadas para el manejo de infecciones con origen definido de la práctica.				
Declaraciones	Origen de la práctica recomendada*	Niveles de evidencia <sup>†</sup>	Fuerza de la recomendación	Fuerza del consenso
<b>Prácticas preoperatorias</b>				
Identifique y trate todas las infecciones remotas para ensayos e implantes de neuromodulación	CDC IA	II-2	B	Fuerte
Optimice el control de la glucosa para los implantes de neuromodulación	CDC IA	II-2	B	Fuerte
Suspender el consumo de tabaco para los implantes de neuromodulación	CDC BI	II-2	B	Fuerte
Descolonizar a los portadores de MSSA y MRSA mediante la aplicación de ungüento nasal de mupirocina y baños de clorhexidina	NICE	I	A	Fuerte
Usar antibióticos preoperatorios para ensayos e implantes de neuromodulación	CDC IB y NICE	I	A	Fuerte
Use la dosificación preoperatoria de antibióticos basada en el peso para ensayos e implantes de neuromodulación	CDC IB y NICE	I	A	Fuerte
Use el tiempo preoperatorio apropiado (dentro de 1 hora antes de la incisión quirúrgica excluyendo la vancomicina) de la administración antimicrobiana profiláctica para ensayos e implantes de neuromodulación	CDC IB, NICE y SCIP	I	A	Fuerte
Todos los pacientes deben bañarse o ducharse y usar jabón normal o antimicrobiano el día anterior o el día de la cirugía	CDC IB, NICE y OMS	I	B	Fuerte
Eliminar el vello (cuando sea necesario) con maquinilla eléctrica inmediatamente antes del procedimiento quirúrgico	CDC IA y NICE	I	A	Fuerte
Realice un lavado quirúrgico preoperatorio durante un mínimo de 2 a 5 minutos con un antiséptico adecuado antes de las pruebas de neuromodulación y los implantes	CDC IB y NICE	II-2	B	Fuerte
Mantenga las uñas cortas y no use uñas artificiales para pruebas de neuromodulación e implantes	CDC IB y NICE	II-3	B	Fuerte
No use joyas en la mano o el brazo para pruebas o implantes de neuromodulación	CDC IB y NICE	III	B	Fuerte
<b>Prácticas intraoperatorias</b>				
Use una máscara quirúrgica para pruebas e implantes de neuromodulación	CDC BI	II-3	B	Fuerte
Use una gorra o capucha para cubrir completamente el cabello para pruebas e implantes de neuromodulación	CDC BI	II-3	B	Fuerte
Usar bata y guantes estériles para pruebas de neuromodulación e implantes	CDC BI	II-3	B	Fuerte
Guante doble	CDC II y NICE	II-1	B	Fuerte
Utilice CHG a base de alcohol como agente antiséptico cutáneo preoperatorio. Si la clorhexidina está contraindicada, use una solución a base de alcohol de povidona yodada.	CDC IA y NICE	I	A	Fuerte
Si se utiliza un campo de incisión, se recomienda un campo impregnado de yodóforo para implantes de neuromodulación.	NICE	I	A	Fuerte

Utilice filtros de flujo laminar y HEPA en el quirófano para implantes de neuromodulación	CDC BI	I	A	Fuerte
Limite el tráfico en la sala de procedimientos para ensayos e implantes de neuromodulación	CDC II y NICE	I	A	Fuerte
Mantenga las puertas de la sala de procedimientos cerradas durante las pruebas de neuromodulación y los implantes	CDC BI	II-3	B	Fuerte
Limite el trauma del tejido, mantenga la hemostasia, elimine el espacio muerto y evite el electrocauterio en la superficie del tejido	CDC IB y NICE	III	B	Fuerte
Irrigue con solución salina a través de una pera de goma antes de cerrar la herida quirúrgica	NICE	I	B	Moderado
Utilizar estrategias de implantes para limitar el tiempo operatorio		II-2	B	Fuerte
<b>Prácticas postoperatorias</b>				
Aplicar un apósito oclusivo después de pruebas de neuromodulación e implantes durante 24 a 48 h	CDC IB y NICE	II-2	B	Fuerte
No use rutinariamente agentes antimicrobianos tópicos para heridas quirúrgicas que están cicatrizando por primera intención.	NICE	I	B	Fuerte
Comprender el criterio de tiempo máximo para definir una ISQ profunda de un dispositivo implantable (1 año después del implante)	CDC	III	B	Fuerte
No continuar con los antibióticos en el período postoperatorio para ensayos de neuromodulación e implantes más allá de las 24 h.	SCIP	I	A	Fuerte
Educación al paciente y a la familia sobre el cuidado adecuado de la incisión, los síntomas de ISQ y la importancia de informar los síntomas.	CDC II y NICE	III	B	Fuerte
Lavarse las manos antes y después de los cambios de vendaje.	CDC BI	III	B	Fuerte
Utilice una técnica estéril para los cambios de apósito.	CDC II y NICE	III	B	Moderado
Cuando se sospeche ISQ, prescriba un antibiótico que cubra los organismos causantes probables. Considere los patrones de resistencia local y los resultados de cultivo al elegir un antibiótico	NICE	III	B	Fuerte
<p>HEPA, partículas de aire de alta eficiencia; MSSA, S. aureus sensible a la metilina; NICE, Instituto Nacional para la Excelencia en Salud y Atención; O, quirófano; SCIP, Proyecto de Mejora de la Atención Quirúrgica.</p> <p>* El origen de la práctica recomendada define la guía quirúrgica de apoyo.</p> <p>† I: al menos un ensayo clínico controlado y aleatorizado; II-1: ensayos clínicos bien diseñados, controlados y no aleatorizados; II-2: estudios de casos o cohortes y controles bien diseñados, preferiblemente multicéntricos; II-3: series múltiples comparadas en el tiempo, con o sin intervenciones y resultados sorprendentes en experiencias no controladas; III: opiniones basadas en la experiencia clínica, estudios descriptivos, observaciones clínicas o informes de comités de expertos.</p> <p>Adaptado de Deer et al.<sup>43</sup></p>				

60 minutos antes de la incisión quirúrgica, según lo recomendado.<sup>45</sup> Olsen et al,<sup>46</sup> en operaciones ortopédicas de columna, demostró que el momento subóptimo de la terapia antibiótica profiláctica se asoció con un riesgo significativo de ISQ (odds ratio [OR] 3.4, 95% CI 1.5, 7.9). Más reciente-

mente, Malhotra et al.<sup>47</sup> estudió retrospectivamente el efecto de la administración de vancomicina y los tiempos de infusión. Menos de la mitad de los pacientes recibieron vancomicina preoperatoria correctamente al evaluar los estándares nacionales. Además, cuando la vancomicina se

**Tabla 5.** Recomendaciones de antibióticos profilácticos.

Antibiótico	Dosis intravenosa estándar	Tiempo antes de la incisión	Intervalo de redosificación	Indicaciones
Cefazolina*	1 g ≤ 60 kg 2 g > 60 kg 3 g > 120 kg	Dentro de 30 a 60 minutos	3–4 h (CrCl > 50 mL/min) 8 h (CrCl 20–50 mL/min) 16 h (CrCl < 20 mL/min)	Primera línea
Clindamicina	600 mg ≤ 80 kg 900 mg > 80 kg 1200 mg > 120 kg	Dentro de 30 a 60 minutos	6 h (CrCl > 50 ml/min) 6 h (CrCl 20–50 ml/min) 6 h (CrCl < 20 ml/min)	Alergia a los β-lactámicos
Vancomicina	15 mg/kg	Dentro de 60–120 minutos	8 h (CrCl > 50 mL/min) 16h (CrCl 20–50 mL/min) Ninguno (CrCl < 20 mL/min)	Alergia a β-lactámicos. Colonización conocida de MRSA

CrCl, aclaramiento de creatinina.  
\* Para simplificar la dosificación de cefazolina basada en el peso, la Sociedad Estadounidense de Farmacéuticos del Sistema de Salud recomienda 2g para personas que pesan <120 kg y 3g para personas que pesan ≥120 kg.  
Adaptado de Deer et al.<sup>43</sup>

administró demasiado cerca de la incisión (<24,6 minutos antes de la incisión), predijo un mayor riesgo de ISQ (OR 4,281;  $p < 0,001$ ). Los antibióticos preoperatorios deben administrarse por vía intravenosa dentro de los 60 minutos antes de la incisión para cefalosporinas, sulfonamidas y aminoglucósidos o dentro de los 60 a 120 minutos antes de la incisión para vancomicina y fluoroquinolonas (recomendación 1B de los CDC).

En pacientes obesos y con obesidad mórbida, la evidencia y las guías publicadas recomendarían dosis únicas más altas de antibióticos profilácticos. Para las cefazolinás, se recomienda administrar 2,0 g para pacientes con un peso de 60 a 120 kg y 3,0 gramos para pacientes con un peso >120 kg. La vancomicina debe dosificarse a 15 mg/kg. Las dosis deben ajustarse en función de la función renal porque los riñones excretan la mayoría de los antimicrobianos utilizados en los procedimientos de neuromodulación. La clindamicina es el único antibiótico utilizado para la profilaxis antimicrobiana en procedimientos de neuromodulación que no se ve afectado por la función renal. En función de la duración de los procedimientos quirúrgicos de neuromodulación, normalmente no es necesario volver a administrar la dosis (Tabla 5). La irrigación de heridas, los antibióticos tópicos y envoltantes, los parches antimicrobianos y el polvo de vancomicina se analizan en otra directriz reciente de la NACC que analiza la mitigación de las complicaciones de la neuroestimulación.<sup>48</sup> Punto de consenso 6. El NACC está de acuerdo con las recomendaciones de las guías anteriores para el uso preoperatorio de antibióticos para procedimientos de neuromodulación (Tablas 4 y 5). Recomendación grado A; nivel de certeza alto; nivel de evidencia I.

Punto de consenso 7. La NACC recomienda la irrigación quirúrgica con solución salina a través de una pera de goma antes del cierre de la herida quirúrgica. Recomendación grado B; nivel de certeza moderado; nivel de evidencia IB.

Punto de consenso 8. El NACC no recomienda el uso de rutina de los apósitos impregnados con clorhexidina para ensayos de neuromodulación. En pacientes de alto riesgo con

comorbilidades médicas significativas, los apósitos impregnados con clorhexidina pueden ayudar a reducir el riesgo de colonización del sitio de salida y la subsiguiente infección durante los ensayos. Recomendación grado B; nivel de certeza moderado; nivel de evidencia IB.

Punto de consenso 9. El NACC recomienda estudios adicionales antes de respaldar el uso rutinario de polvo de vancomicina para terapias implantables para el dolor. Recomendación grado B; nivel de certeza moderado; nivel de evidencia IB.

### Antibióticos Postoperatorios

En múltiples especialidades quirúrgicas, incluidas la cirugía cardíaca, ortopédica y plástica, no se ha demostrado que el uso prolongado de antibióticos posoperatorios mejore los resultados.<sup>28</sup> De hecho, al considerar específicamente la cirugía de columna, el uso de antibióticos intravenosos más allá de las 48 horas aumentó la duración de la estancia hospitalaria y resultó en una normalización tardía de la temperatura corporal y los niveles de proteína C reactiva.<sup>27</sup> La investigación contemporánea continúa reportando resultados similares que muestran que el uso de antibióticos postoperatorios más allá de las 24 horas no causa una disminución en la ISQ.<sup>2,49,50,51</sup> Independientemente de la literatura publicada, los datos de Medicare han demostrado que solo el 40,7% de los pacientes interrumpieron los antibióticos posoperatorios dentro de las 24 horas posteriores a la cirugía.<sup>44</sup>

Punto de consenso 10. El NACC recomienda considerar la interrupción de los antibióticos dentro de las 24 horas siguientes a los implantes de SCS. Para los pacientes de alto riesgo, se deben considerar los antibióticos postoperatorios. Recomendación grado A; nivel de certeza alto; nivel de evidencia IA.

### Manejo Antitrombótico

La manipulación del tejido, el movimiento de los cables y el trabajo quirúrgico abierto alrededor del espacio epidural

espinal, utilizando cables percutáneos y de pala en la columna dorsal o cables del ganglio de la raíz dorsal (GRD), pueden causar un hematoma epidural, que puede provocar parálisis y lesiones permanentes con disfunción neurológica. El uso de antitrombóticos en los Estados Unidos aumenta año tras año. A nivel mundial, la tasa de crecimiento anual compuesta del uso de antitrombóticos se estima en un 7,5%.<sup>52</sup> Muchos de los nuevos compuestos no tienen antídoto o agente de reversión, lo que hace que el manejo en el período perioperatorio sea un desafío. Varios factores interrelacionados promueven la formación de hematomas, incluido el desequilibrio inherente farmacológico antitrombótico y la lesión tisular. Los pacientes deben ser conscientes de este evento de baja incidencia/alta consecuencia, para que el tratamiento pueda realizarse rápidamente y así prevenir una lesión neurológica permanente.

### La incidencia del hematoma epidural

La estimación de la incidencia de hematoma epidural después de un procedimiento de neuroestimulación presenta varios desafíos. No todos los hematomas epidurales tienen consecuencias. Es posible que el hematoma de volumen pequeño no provoque disfunción sensorial, motora o simpática y, por lo tanto, es posible que no se detecte clínicamente. Los médicos pueden sentirse reacios a informar una complicación; por lo tanto, usar la literatura únicamente para estimar la incidencia conlleva un sesgo inherente.

En 2011, Levy et al.<sup>53</sup> publicaron una revisión de las complicaciones de la colocación de electrodos de paleta e informaron que 84 de 44 587 (0,19%) casos dieron como resultado un hematoma epidural sintomático (Fig. 4). En 2015, Petraglia et al.<sup>54</sup> siguió con una revisión retrospectiva de los datos MarketScan de Thomson Reuter de 2000 a 2009 comparando la incidencia de hematoma de los cables percutáneos y de pala y no encontró diferencias significativas entre los dos grupos. Las tasas según esta revisión fueron del 0,75% para los cables percutáneos y del 0,63% para los cables de pala. En 2019, Sivanesan et al.<sup>55</sup> realizó una revisión de la base de datos MAUDE de la Administración de Alimentos y Medicamentos sobre estimulación GRD y encontró cuatro hematomas de ubicación no especificada, entre aproximadamente 8000 procedimientos (5000 ensayos y 3000 implantes) en un período de 21 meses. Recientemente, Deer et al.<sup>56</sup> publicó un análisis que revelaba una incidencia del 0% de hematoma con >500 implantes de estimulación GRD. La incidencia del hematoma epidural en la literatura de anestesiología con respecto a las infusiones epidurales permanentes continuas ha evolucionado desde las revisiones de Tryba<sup>57</sup> y Vandermeulen<sup>58</sup> en la década de 1990, donde la incidencia estimada fue de 1 de 150.000 (0,00067%). En 2013, Bateman et al.<sup>59</sup> publicaron sus hallazgos del grupo de resultados perioperatorios multicéntricos, que reunió datos de varias instituciones académicas estadounidenses y estimó que el riesgo de hematoma neuroaxial después de la colocación epidural perioperatoria era de 7 de 62 450 (0,01 %). A medida que recopilamos más información sobre la neuroestimulación

neuroaxial, podemos obtener una mejor comprensión de su incidencia estimada, tal como se ha publicado en la literatura de anestesiología. Las recomendaciones del NACC de 2017 sobre el manejo de la hemorragia y la coagulación brindan una descripción general de los informes de casos y la incidencia notificada, incluida una revisión de Cameron et al.<sup>60</sup> con estimaciones del riesgo de hematoma en 0,3% y un riesgo de parálisis en 0,03%.<sup>61</sup> El Apéndice A complementario indica orientación sobre la trombo profilaxis posoperatoria. El uso creciente de registros debería ayudar a estimar mejor la incidencia del hematoma epidural con procedimientos específicos en el futuro.

### La interacción de los factores

El equilibrio entre lesión tisular y trombosis no es lineal. La complejidad de los sistemas de plaquetas y coagulación y las diferencias en técnicas y hardware dificultan la determinación del riesgo de hematoma epidural. Los fármacos antitrombóticos incluyen anticoagulantes, fármacos antiplaquetarios y trombolíticos. Los anticoagulantes orales específicos incluyen medicamentos que inhiben los factores IIa o Xa y están reemplazando gradualmente el uso de la warfarina, un inhibidor del complejo epóxido reductasa de vitamina K. Los agentes antiplaquetarios incluyen aspirina, fármacos antiinflamatorios no esteroideos (AINE) o inhibidores de la ciclooxigenasa (COX), fármacos bloqueantes del receptor YP122, antagonistas del receptor de adenosina difosfato, ciclopentiltriazopirimidinas e inhibidores de la fosfodiesterasa.<sup>62</sup> Los trombolíticos se utilizan en situaciones que amenazan la vida, como eventos cardiovasculares que incluyen infarto de miocardio (IM), embolia pulmonar o accidente cerebrovascular. Estos agentes pueden administrarse local o sistémicamente. Se desconoce el impacto de estos medicamentos en pacientes con dispositivos de neuroestimulación in situ, aunque no se han documentado informes publicados de hematoma epidural con dispositivos in situ en la literatura revisada por pares. Cada fármaco tiene su propia vida media alfa y vida media beta, metabolismo del citocromo p450 y eliminación renal frente a hepática. Como referencia, las pautas NACC de 2017 proporcionan una tabla de cuándo detener y reiniciar varios antitrombóticos.<sup>61</sup>

### Manejo del hematoma epidural

La detección de un hematoma epidural es fundamental para una intervención temprana. Los médicos y los pacientes deben conocer los signos y síntomas de un hematoma epidural, incluidos el dolor de espalda focal, la radiculitis lumbar, la paresia y la disfunción intestinal o vesical. Cuando se sospecha un hematoma epidural, la organización del equipo de radiología para la obtención inmediata de imágenes de resonancia magnética o tomografía computarizada (Fig. 4) y la consulta neuroquirúrgica para la descompresión son esenciales. Se deben obtener valores de laboratorio, pero sus resultados no deben retrasar la intervención si la sospecha clínica es alta.

Punto de consenso 11. El NACC recomienda un alto índice

de sospecha y conocimiento de los signos y síntomas del hematoma perioperatorio y que se obtenga una evaluación quirúrgica urgente de manera temprana en cualquier proceso sospechoso.

Recomendación grado A; nivel de certeza alto; nivel de evidencia I.

### Consentimiento informado del paciente

Los pacientes deben ser conscientes antes de la manipulación del espacio epidural de la posibilidad de un hematoma neuroaxial, no solo para evaluar su riesgo con el procedimiento sino también para detectar los signos y síntomas clínicos de un hematoma epidural en desarrollo. Además del riesgo de desarrollar hematoma epidural, los pacientes a los que se les indica que suspendan su régimen antitrombótico tienen un mayor riesgo de sufrir consecuencias trombóticas. Se recomienda que cualquier decisión de suspender un antitrombótico para la neuroestimulación debe estar en conformidad con el médico que prescribe (p. ej., médico de atención primaria, cardiólogo, hematólogo) y el paciente, con conocimiento de todas las partes sobre la duración del ensayo de neuroestimulación. El registro PRAGUE-14 proporcionó información sobre el cese de los antitrombóticos.<sup>63</sup> Se aconsejan neuromoduladores para reducir la duración del ensayo, si es posible, para mitigar el riesgo de trombosis. En los casos de alto riesgo, se debe examinar y determinar la relación entre riesgo y beneficio de omitir la prueba y proceder directamente al implante permanente.

### Conclusión

El evento de baja incidencia/altas consecuencias de un hematoma epidural presentan un problema complejo en el contexto de los procedimientos de neuromodulación. Con una incidencia estimada de aproximadamente 1 en 300 casos, es probable que ocurra un hematoma sintomático en las intervenciones de neuromodulación. Comprender la interacción de los factores con el uso creciente de nuevos antitrombóticos es crucial. Informar a los pacientes sobre los riesgos de hemorragia frente a trombosis seguirá haciendo que las decisiones sean laboriosas, pero es esencial para mantener la seguridad. Los datos del registro ayudarán a mejorar las estimaciones, mientras que la tecnología seguirá evolucionando.

### Incisión

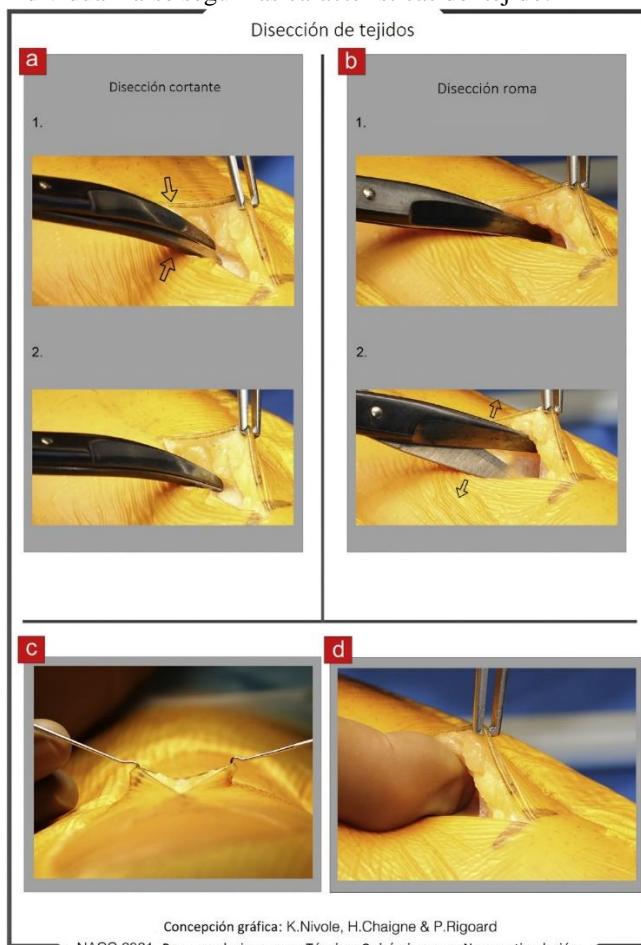
Para reiterar, enfatizamos que se debe obtener capacitación en técnicas quirúrgicas antes de iniciar cualquier procedimiento quirúrgico, incluida la SCS; la simple revisión de este documento de consenso no es suficiente para proporcionar una formación adecuada. En este documento de consenso, discutimos principalmente los detalles y matices de la práctica clínica que se deben considerar después de obtener dicha capacitación quirúrgica. La diferencia más notable entre el SCS de prueba y el implante permanente son las incisiones quirúrgicas necesarias para implantar los cables SCS estériles y el generador de impulsos. Hasta la fecha, no

existe literatura que relacione el tipo de incisión quirúrgica y la tasa de complicaciones de los implantes SCS. Al examinar otras especialidades, el tipo de incisión (transversal o vertical) no afecta los resultados posoperatorios.<sup>64</sup> Aunque el tipo de incisión no parece afectar los resultados, existen otros factores a considerar al realizar incisiones quirúrgicas. La apariencia cosmética puede ser muy importante para los pacientes. La ubicación y la orientación de las incisiones quirúrgicas pueden afectar en gran medida la apariencia del sitio quirúrgico posterior y por lo general, se han basado en el conocimiento de las líneas de Langer. Sin embargo, como se propone en un comentario de Wilhelmi et al,<sup>65</sup> las líneas de Langer pueden no ser la mejor guía para las incisiones y otras líneas quirúrgicas pueden ser más apropiadas para cirugías electivas. Además, hacer incisiones lo más pequeñas posible al principio y luego extenderlas según sea necesario es importante y tal vez, puede tener un efecto indirecto en los resultados. Las incisiones pequeñas pueden limitar las complicaciones de la herida; sin embargo, el acceso óptimo debe ser el objetivo principal y en algunas situaciones la incisión debe extenderse. Hacer incisiones más grandes de lo necesario puede hacer que el tiempo de quirófano sea más largo y requerirá más suturas, las cuales están asociadas con un mayor riesgo de infección.<sup>43,66</sup> La planificación meticulosa de las incisiones quirúrgicas es una parte vital del proceso de implantación y puede ayudar a lograr una mayor satisfacción del paciente e indirectamente a reducir el riesgo de infección.

### Disección del tejido

Históricamente, William Stewart Halsted introdujo muchos principios de la cirugía en el siglo XIX. Estos se denominaron Principios de Halsted, que implican los principios básicos de la técnica quirúrgica y el manejo de tejidos, como el manejo cuidadoso del tejido durante la disección, acompañado de un cuidadoso mantenimiento de la hemostasia. Uno debe ser consciente de preservar el suministro de sangre, en este caso particular, preservar el suministro de sangre a la piel, utilizar una técnica aséptica y permitir una tensión mínima en los tejidos. El aspecto final está relacionado con el cierre del tejido, que implica la aproximación precisa de este y la obliteración del espacio muerto.<sup>67,68</sup> Hay cuatro habilidades quirúrgicas principales que uno debe comprender y observar en la práctica de la implantación de SCS. El primero incluye el manejo adecuado de los distintos instrumentos utilizados durante la cirugía, seguido de la comprensión de los planos tisulares y la manipulación del tejido a través de los elementos de disección. A esto le siguen las habilidades de sutura y atado de nudos u otras técnicas de ligadura para completar el procedimiento del implante quirúrgico. En última instancia, el manejo adecuado de los tejidos y de las heridas debería conducir a mejores resultados para el paciente y a una reducción de las complicaciones posoperatorias.<sup>43</sup> La disección es el proceso quirúrgico de cortar o separar el tejido a medida que ingresa al cuerpo debajo de la piel, específicamente porque se relaciona con la neuromodulación para la implantación de electrodos o del generador de pulso y

la batería. Comúnmente se describen dos tipos de disección, cortante y roma (Fig. 5). La disección cortante se refiere al uso de un bisturí, tijeras o electrocauterio para separar el tejido y ayudar a definir los planos de este. Hasta la fecha, no hay pruebas sólidas de que el uso de bisturí o electrocauterio sea superior; más bien, el objetivo debe ser adquirir destreza en el uso de ambos para reducir los posibles factores de riesgo asociados con la cicatrización deficiente de heridas y la ISQ.<sup>43</sup> La disección roma es la separación cuidadosa de los tejidos a lo largo de los planos tisulares mediante el uso de instrumentos romos, como la inserción de unas tijeras cerradas y luego abrir las tijeras para separar el tejido sin rodeos o usar un dedo para separar los planos tisulares (Fig. 5b). En los procedimientos típicos de neuromodulación, ambas formas de disección se usan a menudo y deben individualizarse según las características del tejido.

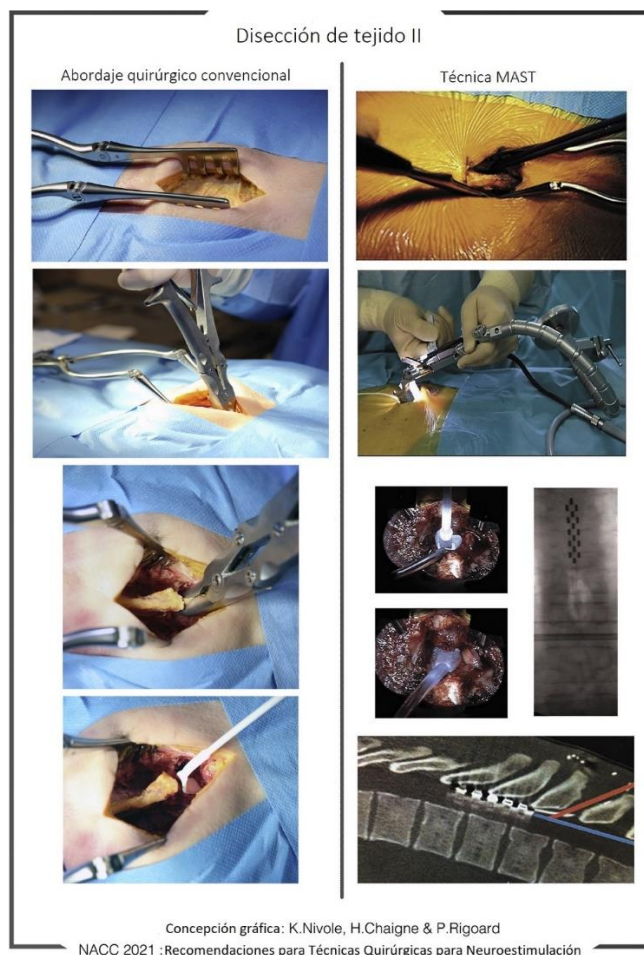


**Figura 5.** Disección de tejido. a. Técnica de disección cortante: 1) uso de tijeras para separar el tejido cortando las estructuras anatómicas, 2) la definición de los planos del tejido se basa en la percepción del implantador. b. Técnica de disección roma: 1) separación cuidadosa de los tejidos a lo largo de los planos tisulares mediante la inserción de unas tijeras cerradas, 2) apertura de las tijeras para separar el tejido sin rodeos. c. Uso de ganchos para la piel para minimizar el daño tisular potencial. d. Uso de pinzas dentadas para evitar manipular la piel de forma repetitiva. Una vez colocados los fórceps, se utilizó preferentemente un dedo para separar los planos tisulares.

Fotos cortesía de Philippe Rigoard y usadas con permiso.

Hay al menos tres elementos de habilidad que se requieren para realizar una cirugía. El primero es cognitivo, que implica la planificación de ciertos movimientos antes de su ejecución real. Teniendo en cuenta los dos enfoques más comunes para la colocación de cables SCS, se debe tener un conocimiento profundo de las técnicas de neuromodulación que pretenden utilizar, incluidos los cables cilíndricos colocados percutáneamente, así como el cable de pala más invasivo colocado por laminectomía. El segundo elemento de habilidad implica la percepción o el reconocimiento de los planos del tejido. Más comúnmente, cuando se realizan técnicas de neuromodulación percutánea, se utiliza una disección roma aguda y suave con la ayuda de un bisturí para abrir una brecha en la piel, seguida de una combinación de disección roma aguda y suave a través de las capas de grasa epidérmica, dérmica y epifascial hasta la fascia toracolumbar. Otros cirujanos pueden recomendar la disección con el uso de electrocauterio para avanzar hasta un nivel donde las agujas cilíndricas avanzarán a través de la fascia toracolumbar. No hay pruebas sólidas que respalden que ninguno de los enfoques sea superior. El objetivo sería desalentar el uso excesivo de electrocauterio para evitar una lesión tisular extensa. Para cualquier cirugía de revisión con cables ya colocados, se prefiere la diatermia bipolar a la diatermia monopolar debido al riesgo de que la diatermia monopolar provoque transferencia de calor si el aislamiento del sistema está incompleto o se rompe con una aguja. Esto puede ser más preocupante en el modo de corte. El tercer elemento de habilidad implica la habilidad motora real de manipulación de los tejidos. A pesar de los mejores intentos para reducir el daño de los tejidos blandos, estos están en riesgo incluso con intentos precisos de identificarlos y diseccionarlos con cuidado. Preferiblemente, el uso de ganchos para la piel o la retracción intermitente suave con retractores de autorretención minimiza el daño potencial que ocurre con el manejo repetido de la piel con otros instrumentos.<sup>69</sup> (Figura 5d). Los procedimientos de acceso mínimo se utilizan actualmente en la cirugía de columna y en la implantación de cables SCS.<sup>70</sup> Se ha demostrado que estos reducen la pérdida de sangre, disminuyen la necesidad de transfusiones, reducen las lesiones musculares y el dolor de espalda posoperatorio, aceleran la recuperación y acortan la estancia hospitalaria.<sup>71-76</sup> En la mayoría de los casos, estos procedimientos utilizan un retractor tubular de diámetro fijo con tecnología espinal de acceso mínimo (MAST, siglas en inglés) que divide la musculatura paravertebral, lo que evita la necesidad de desinsertar los músculos de la columna y, potencialmente, genera menos trauma para el paciente. Sin embargo, hasta hace poco tiempo, solo era posible un abordaje unilateral con estos sistemas, lo que puede limitar el campo operatorio, causar algunas dificultades para la colocación del electrodo medio (especialmente para los electrodos de pala multicolumna) y no siempre evitaba la laminectomía. Además, los sistemas iniciales contenían solo los tubos de inserción, lo que requería herramientas adicionales para visualizar el procedimiento (lupas, microscopio, etc.). Nuevos sistemas

MAST retráctiles (Fig. 6b): 1) permitir un abordaje medial que facilite la colocación del electrodo mediano, 2) brindar una mejor visualización “real” de la columna mediante el uso de fibra óptica de luz fría (por lo tanto, no es necesario un microscopio), y 3) permitir una inserción transligamentaria pura con una resección ósea mínima, lo que reduce la pérdida de sangre y minimiza el trauma y la cicatriz del tejido.<sup>70</sup>



**Figura 6.** Disección de tejido II. Abordaje quirúrgico convencional (a la izquierda). El abordaje quirúrgico consiste en separar la fascia y los músculos paraespinales de la apófisis espinosa y los ligamentos. Una vez expuestas la apófisis espinosa y las láminas, es posible extirpar el supraespinoso, el ligamento interespinoso y el ligamento amarillo gracias a una pequeña gubia. Las gubias de Kerrison se pueden utilizar para extraer una pequeña porción de la lámina inferior de la vértebra superior para colocar el maniquí del cable y luego el cable de pala en el espacio epidural. Aspectos del procedimiento mínimamente invasivo (MAST) (a la derecha). Abordaje quirúrgico en uno o ambos lados del proceso supraespinoso, con disección cuidadosa de la musculatura paravertebral. Conjunto completo del sistema. Inserción del cable fantasma e implantación del cable en la posición mediana, verificado por radiografía intraoperatoria. Los aspectos del ángulo de implantación del cable: es posible un abordaje alto al nivel de la columna torácica utilizando la técnica mínimamente invasiva. La extracción ósea se puede minimizar y se puede lograr un ángulo de inserción poco profundo y seguro con un buen sistema de retracción e iluminación. Fotos cortesía de Philippe Rigoard y usadas con permiso.

Algunos cirujanos están a favor de realizar una apertura, a veces grande, del proceso espinoso y laminectomía para

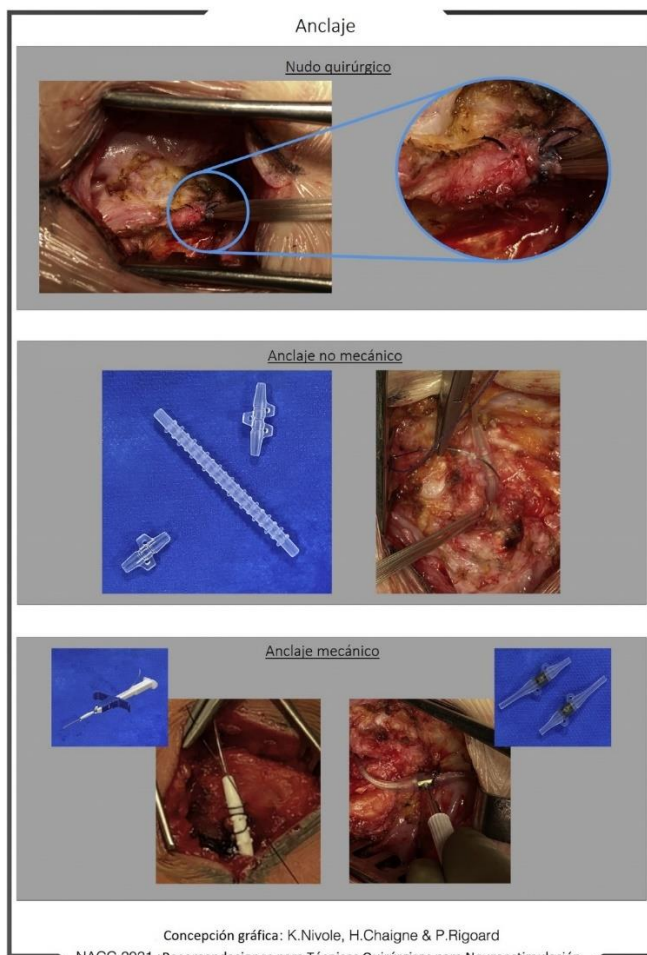
insertar el cable de forma segura.<sup>53</sup> Finalmente, cabe señalar que existen muchas técnicas para la inserción de electrodos SCS. Las ventajas de una técnica abierta deben sopesarse frente a un aumento potencial del traumatismo muscular perioperatorio, la resección ósea y la pérdida de sangre. La elección final debe quedar a entera discreción del cirujano implantador. Cada técnica, incluidas las mínimamente invasivas,<sup>70</sup> requiere un cierto nivel de capacitación y conocimiento quirúrgico para optimizar la identificación y disección de tejidos y en muchas situaciones, los conjuntos de habilidades se superponen. Al hacer un bolsillo subcutáneo para el generador de impulsos, la mayoría de los implantadores utilizan una disección aguda, ya sea con bisturí o electrocauterio, hasta la profundidad deseada o requerida. La profundidad de la disección suele ser la fascia de Scarpa en el abdomen o la fascia paraespinal toracolumbar en la parte posterior, pero puede variar según el índice de masa corporal (IMC) del paciente. A menudo, el cirujano utilizará una combinación de disección cortante y roma para ayudar a delinear un plano y puede usar eso para crear completamente el bolsillo para un generador de impulsos o, como alternativa, empezar con una disección cortante y luego completar el bolsillo de la batería con una disección roma. La profundidad de la incisión puede variar según la constitución corporal individual y los requisitos de la batería, pero el plano óptimo para que el generador de impulsos reduzca el riesgo de erosión y permita una telemetría satisfactoria es de aproximadamente 2,5 a 4 cm de profundidad (siga las instrucciones del fabricante) cuando sea anatómicamente posible. Finalmente, obtener hemostasia absoluta es parte de una técnica quirúrgica óptima. Se han introducido unidades de electrocirugía para realizar simultáneamente los procesos de disección y hemostasia. El beneficio obvio de este enfoque es que la disección y la hemostasia se han vuelto más eficientes porque se realizan simultáneamente.<sup>70,77,78</sup> Sin embargo, corresponde al cirujano conocer las técnicas quirúrgicas para lograr la hemostasia cuando el sangrado continúa a pesar del uso de unidades electroquirúrgicas. Cuando se lesiona un vaso sanguíneo, tres mecanismos operan localmente en el sitio de la lesión para controlar el sangrado: 1) contracción de la pared del vaso; 2) adhesión y agregación de plaquetas (formación de tapones de plaquetas); y 3) coagulación de plasma para formar un coágulo de fibrina. Los tres mecanismos son esenciales para la hemostasia normal. Se requieren habilidades de disección quirúrgica para detener el sangrado cuando se lesiona la pared de un vaso y el proceso vasoconstrictor provocado por la electrocirugía no ha aliviado el sangrado. En estos casos, puede ser necesario el uso de suturas para detener el sangrado. En última instancia, se debe evitar el electrocauterio excesivo para reducir la lesión tisular, pero puede ser beneficioso maximizar la hemostasia y reducir el tiempo operatorio. Los fórceps bipolares, que usan corriente que pasa solo entre los dientes del fórceps, pueden ser muy efectivos para obtener hemostasia local. Punto de consenso 12. El NACC recomienda manipular el tejido quirúrgico con cuidado, identificar los tejidos apropiados



dos, limitar el trauma del tejido, mantener la hemostasia, evitar el electrocauterio excesivo y eliminar el espacio muerto de la herida. Recomendación grado B; nivel de certeza moderado; nivel de evidencia IB.

## Anclaje Cable SCS

El anclaje del cable es fundamental para la mayoría de los procedimientos de neuroestimulación porque la migración del cable puede hacer que el sistema SCS falle para aliviar el dolor. Claramente, la estimulación de la médula espinal en el mejor objetivo fisiológico, independientemente del paradigma de estimulación, es fundamental para la eficacia y el éxito a largo plazo. A lo largo de los años se han desarrollado muchas estrategias de anclaje, desde anclajes no mecánicos anudados quirúrgicamente, que crean tensión en el cable para evitar la migración, hasta anclajes mecánicos con un elemento de "bloqueo", en una variedad de diseños diferentes (Fig. 7).



**Figura 7.** Anclaje. Se han desarrollado muchas estrategias de anclaje a lo largo de los años, desde anclas no mecánicas (centro) impulsadas por nudos quirúrgicos (arriba), hasta anclas mecánicas con una estrategia de "bloqueo" (ejemplos presentados [abajo], cortesía de los fabricantes). Fotos cortesía de Philippe Rigoard y usadas con permiso.

Fundamentalmente, mantener la posición del cable, independientemente del sistema de seguridad, requiere dos componentes: asegurar el cable dentro del ancla y asegurar el ancla al paciente. Aunque aparentemente es un concepto elemental, no existe una estrategia estándar de la industria. Históricamente, se informó que la tasa de migración oscilaba entre el 2% y el 22%.<sup>79</sup> Se ha sugerido una tasa de migración mejorada con anclajes mecánicos, pero los estudios comparativos directos son limitados. Se supone que se usa una sutura no absorbible, aunque los números por cable están mal definidos, lo que identifica aún más la necesidad de estudios informados y controlados cuidadosamente sobre el anclaje del cable. La textura y la firmeza de un ancla antes de la implantación deben considerarse cuidadosamente. En pacientes con IMC bajo, se deben evitar los materiales más duros en los dispositivos de anclaje. Para servir como sustituto de la calidad del sistema de anclaje, investigamos la migración y/o la fractura del cable en los estudios multicéntricos aleatorizados disponibles (Tabla 6).

Se han realizado revisiones sistemáticas de las complicaciones,<sup>53,79,87</sup> informando tasas de migración o fractura del electrodo del 2% al 25%. De nuevo, no se identificó la técnica de anclaje. Gazelka et al.<sup>87</sup> informó tasas de migración cercanas de 2% al 3%. Kinfe et al.<sup>88</sup> informó sobre 81 pacientes, prospectivamente, con una tasa de migración del 2,5%. Mekhail et al.,<sup>89</sup> en 707 pacientes, retrospectivamente, informó una tasa de migración del 22,6% y una tasa de fractura del electrodo del 6%. Justiz y Bentley<sup>90</sup> informaron sobre 66 pacientes, utilizando un nuevo dispositivo de fijación y anclaje mecánico, sin producir migraciones ni fracturas del cable, con un seguimiento promedio de 38 semanas.

Punto de consenso 13. El NACC recomienda familiarizarse con las instrucciones de uso de los fabricantes al asegurar los cables SCS. Recomendación grado A; nivel de certeza alto; nivel de evidencia I.

Punto de consenso 14. El NACC recomienda que los cables SCS, ya sea percutáneos o de pala, se anclan para evitar la migración. Recomendación grado A; nivel de certeza alto; nivel de evidencia I.

Punto de consenso 15. La NACC recomienda que el anclaje de los cables SCS se realice mediante un mecanismo o sutura no absorbible. Recomendación grado A; nivel de certeza alto; nivel de evidencia I.

Punto de consenso 16. El NACC recomienda la consideración de anclajes mecánicos para reducir la migración y la fractura del cable SCS, aunque no existe evidencia de alto nivel con respecto al uso de anclajes mecánicos. Recomendación grado A; nivel de certeza alto; nivel de evidencia IC.

Punto de consenso 17. El NACC recomienda trabajos futuros para describir el procedimiento de anclaje de manera más completa en términos del anclaje utilizado, la sutura utilizada, la ubicación de la fijación en el paciente y el tipo de nudo. Recomendación grado A; nivel de certeza alto; nivel de evidencia II.

**Tabla 6.** Tipo de anclaje y tasas notificadas de migración y fractura del cable en estudios aleatorizados de SCS.

Estudios	No. de pacientes implantados	Seguimiento	Tipo de electrodo, pala vs percutáneo	Tipo de anclaje	Tasa de migración, % (N)	Tasa de fractura, % (N)
North et al. <sup>80</sup>	30	Seguimiento medio 2,9 años	Desconocido	Desconocido		
Kumar et al. <sup>81</sup>	52	24 meses	Desconocido	Desconocido	17,13 (9)	
Kemler et al. <sup>82</sup>	54	60 meses	Desconocido			
Kapural et al. <sup>83</sup>	171	12 meses	Perc. todos los pacientes	Mecánico	4(7)	Ninguna
Deer et al. <sup>84</sup>	100	12 meses	Perc. todos los pacientes	Mecánico		Ninguna
Deer et al. <sup>85</sup>	DRG Brazo de control 76	12 meses	Perc. todos los pacientes	Mecánico	10,5 (8)	NR
De Andres et al. <sup>86</sup>	55	12 meses	Perc. todos los pacientes		12,7 (7)	Ninguna

NR, no reportado; Perc, percutáneo.

Además del anclaje SCS, es importante discutir la estimulación nerviosa periférica (ENP) y también el anclaje de estimulación del GRD. Aunque existen similitudes notables, ciertamente hay matices de anclaje específicos de la estimulación que deben abordarse y comprenderse para proporcionar resultados eficaces a largo plazo.

#### Clientes potenciales del ENP

La ENP ha evolucionado significativamente desde el inicio de los equipos diseñados para el neuroeje periférico. Debido

a que hay inherentemente más movimiento en la mayoría de los objetivos de los nervios periféricos, el riesgo de migración es al menos tan alto como el del SCS. Ahora, con la llegada de cables y equipos específicamente diseñados para ENP, la incidencia de migración de cables para ENP es menor. Aunque no ha habido estudios comparativos aleatorios prospectivos de una estrategia principal o de anclaje con otra, existen muchos estudios para ayudar a definir el alcance del desafío (Tabla 7).

**Tabla 7.** Tipo de anclaje y tasas notificadas de migración y fractura del cable en estudios aleatorizados o prospectivos de ENP.

Estudios	No. de pacientes implantados	Seguimiento	Tipo de anclaje	Tasa de migración, % (N)	Tasa de fractura, % (N)
Deer et al. <sup>91</sup>	94	12 meses	Anclaje de silicona con púas	NR	NR
Gilmore et al. <sup>92</sup>	28	12 meses	Cable en espiral con dientes	NR	NR
Serra et al. <sup>93</sup>	31	12 meses	NR, cable SCS	9.6 (3)	Ninguna
Deckers et al. <sup>94</sup>	53	12 meses	Cable con dientes de cable opuestos	1.8 (1)	24 (13)

Antes de la introducción de los cables diseñados específicamente para ENP, se usaban cables SCS. No se han realizado estudios prospectivos, aleatorizados, comparativos de un tipo de guía o estrategia de anclaje con otra en aplicaciones de ENP. Los estudios aleatorizados o prospectivos de ENP se describen aquí.

NR, no reportado.

En conjunto, las tasas de complicaciones de la ENP han mejorado notablemente desde el inicio, desde una disección abierta y una ENP hasta una colocación percutánea refinada. Cada cable específicamente diseñado, ahora tiene dientes que permiten que el tejido cicatricial sostenga el cable en su lugar, mejorando la longevidad de la atención. Un nuevo enfoque para la estimulación de la rama medial del músculo multífido resultó en una reducción significativa de la fractura del electrodo.<sup>94</sup>

Punto de consenso 18. El NACC recomienda seguir las instrucciones de uso de los cables de la ENP diseñados específicamente para la periferia. Recomendación grado A; nivel de certeza moderado; nivel de evidencia IB.

#### Cable del GRD

La estimulación del GRD ha sido una importante estrategia de neuroestimulación desde su comercialización en 2016, inmediatamente después del estudio ACCURATE que

comparó GRD con SCS para el tratamiento del síndrome de dolor regional complejo tipo II de la cresta ilíaca distalmente<sup>85</sup> (Tabla 8). En este estudio, no hubo un enfoque de anclaje estándar para ninguno de los brazos, aunque los

anclajes de plástico proporcionados para el cable GRD se anclaron mediante una sutura no absorbible a la fascia dorsolumbar.

<b>Tabla 8.</b> Tipo de ancla en los estudios de GRD.					
Estudios	No. de pacientes implantados	Seguimiento	Tipo de anclaje	Tasa de migración	Tasa de fractura
Deer et al. <sup>85</sup>	GRD 76	12 meses	Anclaje de plástico proporcionado.	NR	NR
Chapman et al. <sup>95</sup>	756 derivaciones de 249 pacientes; 565 anclados, 191 no anclados.		Anclaje de sutura o silastic.	Sin ancla: 16 derivaciones (8,4%) de 13 pacientes (21%) Con ancla: 8 derivaciones (1,4%) de 5 pacientes (2,7%)	Sin anclaje: 6 derivaciones (3,1%) de 6 pacientes (9,7%) Con anclaje: 11 derivaciones (1,9%) de 9 pacientes (4,8%)
NR, no reportado.					

Se han informado tasas de complicaciones para el GRD con amplias discrepancias. Usando datos del fabricante sobre complicaciones del GRD, Deer et al.<sup>56</sup> encontró una tasa de migración del cable del GRD más baja que la del cable de la SCS. No se definió la técnica de anclaje. Chapman et al.<sup>95</sup> en un estudio retrospectivo multicéntrico de cables GRD anclados frente a no anclados, informó la incidencia de migración y fractura del cable (Tabla 8), con tasas de migración significativamente más bajas para los cables anclados que para los cables no anclados ( $p < 0,01$ ), pero tasas de fractura similares tanto para los cables anclados como para los no anclados.

El anclaje de los cables del GRD generalmente se realiza al nivel de la fascia dorsolumbar superficial, usando el ancla provista por el fabricante o una puntada en forma de 8 atada con una sutura no absorbible. Otros implantadores creen que no es necesario el anclaje como resultado de la estabilidad proporcionada al colocar un bucle en "S" del cable dentro del espacio epidural. No existe ningún estudio prospectivo que compare estas estrategias.

Punto de consenso 19. El NACC recomienda asegurar el cable GRD mediante un mecanismo no absorbible para mejorar la longevidad de la terapia. La evidencia de los anclajes de los fabricantes no es concluyente.

Recomendación grado B; nivel de certeza moderado; nivel de evidencia II.

## Tunelización

### General

En las pautas NACC de 2017, se dedicó una atención mínima a los aspectos técnicos de los cables de túneles. Hubo una mención del sangrado que puede ocurrir con el uso de la inserción de un trocar y la consideración del uso de ultrasonido al tunelizar alrededor de los grandes vasos del cuello, pero por lo demás, no se incluyó ninguna descripción de este aspecto de la neuromodulación.<sup>61</sup>

La tunelización es el proceso que permite la conexión de los

cables del neuroestimulador que están anclados en la incisión del cable al bolsillo del GPI y permite que todo el sistema se implante debajo de la piel (Fig. 8). El camino que conecta estas dos partes del sistema SCS debe ser cuidadosamente considerado para permitir un paso suave del trocar, evitando ángulos agudos o cambios de dirección que podrían crear torceduras en los cables conductores. Estos ángulos agudos o torceduras podrían ejercer una tensión indebida sobre los cables y con el tiempo provocar daños o roturas que requieran reemplazo. Además de una ruta de baja tensión, se debe poner atención en limitar los cables del SCS para que no se crucen entre sí. Se recomienda limitar cualquier contacto innecesario donde la fricción repetitiva con el tiempo podría dañar el cable. Finalmente, además de preparar un túnel que cree un camino en ángulo suave, se debe tener cuidado para garantizar que la ruta evite traumatismos en las estructuras circundantes, como los nervios, los vasos sanguíneos y las cavidades abdominal y torácica. Por lo tanto, cuando se hace un túnel alrededor de estructuras vitales, el uso de modalidades de imagen adicionales, como ultrasonido o fluoroscopia adicional, puede ayudar a mejorar la seguridad.<sup>61</sup>

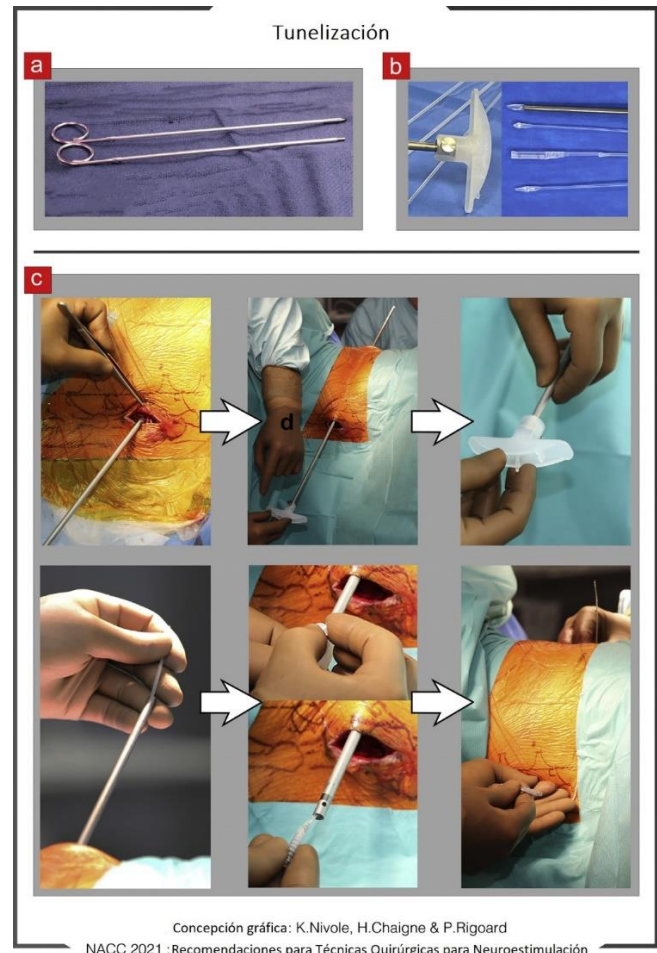
### Implante del SCS

Antes de colocar el trocar en la incisión del cable y pasar el dispositivo por vía subcutánea, es posible que deba administrarse anestesia adicional según la elección anestésica para el caso. La parte de tunelización puede ser una de las partes más estimulantes del caso. Por lo tanto, si se elige anestesia monitoreada, entonces se justifica profundizar la sedación o proporcionar anestesia local a lo largo del trayecto del túnel.<sup>96</sup> Si el paciente ha sido colocado bajo anestesia general, es probable que no se requiera anestesia adicional. Cada fabricante de SCS proporciona un dispositivo de tunelización desechable que acompaña al kit del implante. Aunque habrá alguna variación, la herramienta generalmente se compone de un trocar de metal sólido con un

elemento de plástico en el eje exterior del trocar (Fig. 8 a). El dispositivo de tunelización suele venir premontado, pero si no es así, será necesario colocar el trocar a través del elemento plástico. Es posible que luego sea necesario atornillar la punta afilada en el extremo del trocar, según el fabricante, para mantener el elemento plástico en su lugar mientras pasa el dispositivo de tunelización y para facilitar el paso a través de los tejidos subcutáneos.<sup>96</sup> (Figura 8b). El objetivo final es introducir el tunelizador a través de los tejidos subcutáneos de modo que abarque la distancia entre la incisión del cable y la bolsa del GPI (Fig. 8 c). El trocar debe insertarse en cualquiera de los bolsillos, al nivel del piso del bolsillo y no en el medio de los tejidos subcutáneos. Esto coloca los cables a una profundidad adecuada para que el paciente se sienta cómodo, pero también ayudará a cerrar las incisiones porque los cables no serán vulnerables a la sutura mientras se cierran las capas de tejido. A medida que el trocar avanza en los tejidos subcutáneos, se debe prestar mucha atención para garantizar que el trocar no migre ni demasiado profundo ni demasiado superficialmente a lo largo del recorrido del tejido. Debido a que el trocar es maleable, colocar una ligera curva en el eje permitirá que el operador gire fácilmente el dispositivo y, con la mano opuesta, palpe la punta del trocar para asegurar la profundidad adecuada.<sup>96</sup> A continuación, el trocar se puede volver a girar a la profundidad correcta y seguir pasándolo a través de los tejidos. Una ligera curvatura en el trocar también puede ayudar a colocar la punta del dispositivo dentro de la herida, minimizando la cantidad de manipulación del instrumento al comienzo del procedimiento y al navegar por las variaciones en la anatomía del paciente. Si se hace un túnel desde el bolsillo del neuroestimulador al bolsillo del cable, se debe prestar atención a cómo entra la punta en el bolsillo del cable. Primero, los cables previamente anclados deben protegerse de la punta afilada del trocar. En segundo lugar, el trocar debe entrar en la base del bolsillo como se mencionó anteriormente y, finalmente, en un ángulo creado para proporcionar una salida suave de los cables fuera de la incisión de la línea media para pasar al GPI (Fig. 8 c). Independientemente de la dirección de tunelización, una vez que una cantidad adecuada de tunelizador ingresa en el bolsillo objetivo, se desatornilla la punta y se retira el trocar, dejando el conducto plástico para pasar los cables SCS desde la incisión del cable hasta el bolsillo del GPI. A medida que los cables se colocan en el tunelizador, se debe prestar especial atención para evitar que los cables se doblen o se crucen innecesariamente cuando salen de la incisión del cable. A medida que los cables pasan por el extremo del tunelizador y entran en el bolsillo del neuroestimulador, se puede agarrar el tunelizador y sacarlo del bolsillo, dejando solo los cables colocados subcutáneamente dentro del bolsillo de neuroestimulación. Se debe dejar un bucle de los cables de los electrodos en la incisión del cable.

### Prueba por etapas SCS

En un ensayo por etapas, los cables SCS se anclan como lo harían para el implante permanente. Una vez anclados los



**Figura 8.** Tunelización. a. La herramienta generalmente se compone de un trocar de metal sólido con un elemento de plástico en el eje exterior del trocar. Según el fabricante de SCS, es posible que sea necesario atornillar la punta afilada en el extremo del trocar para mantener dicho elemento plástico en su lugar mientras pasa el dispositivo de tunelización (b) y también para facilitar el paso a través de los tejidos subcutáneos (c). Con la cortesía de los fabricantes. Fotos cortesía de Philippe Rigoard y usadas con autorización.

cables, se debe identificar un sitio a una distancia aproximada de 10 a 15 cm de la incisión del cable y en el flanco opuesto al bolsillo previsto del GPI.<sup>96</sup> Después de la infiltración adecuada del anestésico local, se debe realizar una incisión punzante que servirá como sitio de salida para el dispositivo de tunelización. El tunelizador se ensambla como se describe en el procedimiento de implante, y la punta se coloca en la incisión del cable y se avanza subcutáneamente hacia el sitio de salida predeterminado. Es posible que se requiera anestesia local adicional a lo largo del trayecto. Una vez que el tunelizador es visible, se retira la punta y se retira el trocar interno, dejando el conducto plástico en su lugar. Luego, los cables SCS proximales se conectan a las extensiones de cables y estas extensiones se alimentan a través del tunelizador. Después de que las extensiones hayan salido del tunelizador, se puede retirar el mismo de la incisión punzante en el flanco, dejando las extensiones enterradas subcutánea-

mente pero saliendo por la incisión punzante y listas para acoplarse a un GPI externo para la prueba.

### Complicaciones

El procedimiento de tunelización puede provocar complicaciones como sangrado, infección, traumatismo de órganos y daño a las estructuras circundantes. Se debe anticipar un traumatismo penetrante directo en las estructuras locales según el lugar por donde se introduzca y pase el trocar. Por lo tanto, sin una atención cuidadosa, puede ser posible, aunque muy raramente, penetrar la cavidad abdominal, la cavidad torácica (con riesgo potencial de neumotórax) o dañar los vasos o nervios cercanos. La violación de tales espacios o estructuras requiere la consulta de un especialista apropiado. El sangrado localizado como resultado de la tunelización puede ser difícil de identificar porque generalmente se presenta en los sitios de entrada o salida, que también son las incisiones del electrodo y del GPI. Esto puede requerir presión directa a lo largo de la ruta del túnel durante un período de tiempo para controlar el sangrado.<sup>61,62</sup> Finalmente, los cables y la vía de tunelización pueden estar asociados con una ISQ y pueden necesitar tratamiento quirúrgico adicional, como incisión y drenaje o extracción, según la gravedad de la infección. El riesgo de infección para un ensayo por etapas es menor que el del método de dos etapas para la implantación de SCS. Según una gran revisión retrospectiva de 2737 procedimientos de implante SCS, los ensayos por etapas comprendieron el 27,5% de todos los implantes, pero tuvieron una tasa de infección de solo el 0,929%.<sup>97</sup> Los implantes permanentes después de una prueba percutánea, por el contrario, tuvieron una tasa de infección del 2,06%. No hubo diferencia en el riesgo de infección según el tipo de electrodo en el momento del implante.

Punto de consenso 20. El NACC recomienda que, cuando corresponda, se puede considerar con seguridad un ensayo quirúrgico o de una sola etapa porque el riesgo de ISQ parece bajo.

Recomendación grado B; nivel de certeza moderado; nivel de evidencia IC.

### Cierre de herida y cuidados posoperatorios

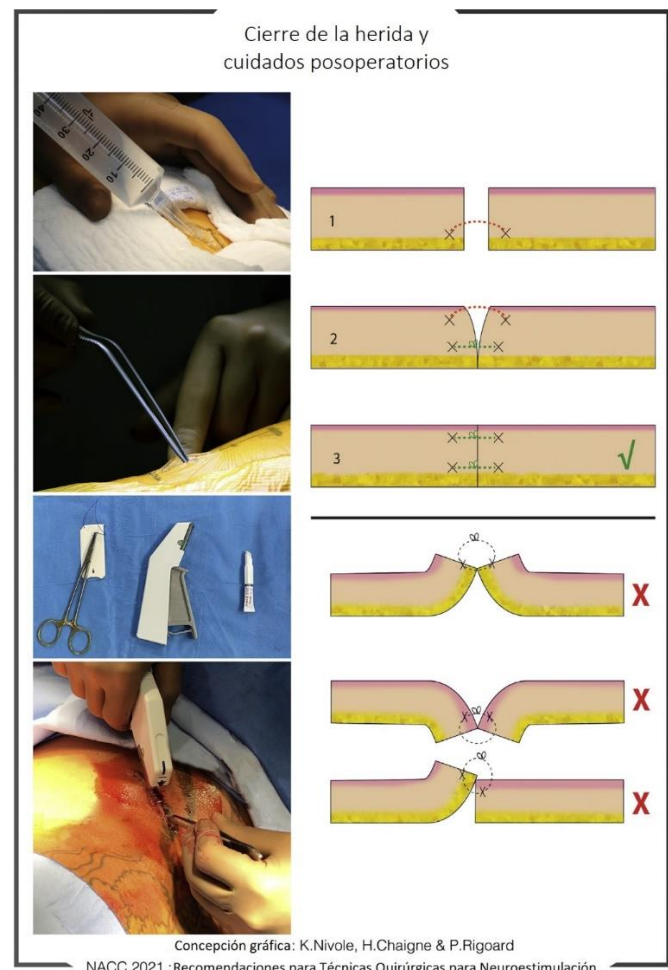
#### Cierre de herida

##### Manejo de tejidos blandos

El cirujano debe ser diligente para evitar traumatismos en los tejidos blandos al cerrar las incisiones quirúrgicas.<sup>97,98,99</sup> Se recomienda evitar la cauterización excesiva, y solo se debe usar una fuerza suave al manipular tejidos con fórceps. Las pinzas quirúrgicas pueden ser dentadas o no. Durante la aproximación de la piel, se debe usar una pinza dentada para un agarre más fuerte y evitar la interrupción del flujo sanguíneo (Fig. 5 d). Con una cauterización excesiva o la aplicación incorrecta de fórceps, puede producirse una desvitalización del tejido, lo que puede provocar un aumento de la inflamación, un mayor riesgo de infección y una cicatrización deficiente de la herida.<sup>97,100,101</sup> Las incisiones deben irrigarse con solución salina normal con o sin

antibióticos (Fig. 9), aunque no hay evidencia de que la irrigación con antibióticos sea mejor para la prevención de la infección de la herida.<sup>97,102,103</sup> Cualquier desecho debe eliminarse antes del cierre de la herida.<sup>103</sup> Finalmente, es imperativo lograr una hemostasia adecuada antes del cierre de la herida porque el exceso de sangre o líquido seroso puede impedir la cicatrización de la herida y servir como un nido para el crecimiento bacteriano y las infecciones.<sup>102,103,104</sup>

Punto de consenso 21. La NACC recomienda evitar el electrocauterio excesivo, mantener la hemostasia y evitar traumatismos en los tejidos blandos al cerrar la herida. Recomendación grado B; nivel de certeza moderado; nivel de evidencia II.



**Figura 9.** Cierre de la herida y cuidados postoperatorios. Las incisiones deben irrigarse con solución salina normal con o sin antibióticos. Es imperativo lograr una hemostasia adecuada antes del cierre de la herida. Se pueden usar suturas, grapas y adhesivos para cierres quirúrgicos. Se recomienda el cierre en capas de las incisiones, siguiendo los principios básicos de las técnicas quirúrgicas de cierre de heridas, para limitar el espacio muerto y la tensión de cierre. Fotos e ilustraciones cortesía de Philippe Rigoard y usadas con permiso.

#### Materiales de cierre

Hay varios materiales diferentes que se pueden usar para el cierre quirúrgico, incluidas suturas, grapas y adhesivos (Fig.

9). Aunque las grapas y los adhesivos se usan solo para cerrar la capa de piel, las suturas se pueden usar para cerrar tanto la piel como las capas de tejido más profundas. En términos generales, las suturas se dividen en dos clases: suturas absorbibles y no absorbibles. Las suturas absorbibles se degradan con el tiempo, mientras que las suturas no absorbibles son más resistentes a la rotura.<sup>105</sup> Las suturas absorbibles y no absorbibles se pueden clasificar además como suturas de monofilamento o trenzadas. Las suturas de monofilamento están formadas por una sola fibra y, en general, producen menos fricción y provocan menos traumatismos al atravesar los tejidos. Por el contrario, las suturas trenzadas se componen de múltiples fibras entretejidas. Las suturas multifilamento tienden a ser más fuertes y fáciles de manejar y anudar. La Tabla 9 destaca las suturas comúnmente utilizadas y sus clasificaciones.<sup>105,106</sup>

**Tabla 9.** Clasificación de las suturas.

Absorbible	No absorbible
Monofilamento •Sutura intestinal (simple, crómica) •PDS II (polidioxanona) •Monocryl (poliglecaprona 25)	Monofilamento • Etilon (nylon) •Mersileno (tereftalato de etileno) •Prolene (polipropileno)
Trenzado •Vicryl (poliglactina 910) •Vicryl recubierto de triclosán	Trenzado •Seda •Ethibond (tereftalato de etileno recubierto)

En general se utiliza un cierre multicapa (músculo subfascial, fascia, subdérmica, dérmica) con suturas reabsorbibles para aproximar los tejidos más profundos (complementadas con steri-strips o Dermabond<sup>107</sup>) o se utilizan suturas no absorbibles para el cierre definitivo de la piel.<sup>107,108</sup> Dentro de la clase de sutura absorbible, el Vicryl (poliglactina 910) se usa comúnmente para cerrar tejidos subcutáneos. Vicryl es una sutura multifilamento sintética compuesta de copolímero de láctido y glicólido y recubierta con poliglactina 370 y estearato de calcio.<sup>106</sup> Conserva el 70% de su resistencia a la tracción a las dos semanas y el 25% a las cuatro semanas.<sup>105,106</sup> Esta sutura se degrada por hidrólisis y, por ello, provoca una menor reactividad tisular. Aunque se han informado previamente tasas de infección extremadamente bajas con estos métodos, Vicryl ha demostrado una mayor adherencia bacteriana durante los estudios in vitro.<sup>109</sup> Esto ha llevado a que la sutura esté implicada en infecciones de heridas postoperatorias, particularmente cuando se usa en un cierre de herida contaminado.<sup>97</sup> En respuesta a este mayor riesgo, se desarrolló la poliglactina 910 recubierta con triclosán. Triclosan se encuentra en muchos productos de consumo para reducir la contaminación bacteriana. El mecanismo de acción implica la unión a la enzima reductasa de la proteína transportadora de enoil-acilo bacteriana, que provoca el efecto posterior de inhibición de la síntesis de

ácidos grasos. Debido a esto, las bacterias no pueden producir membranas celulares, lo que es incompatible con el crecimiento y la vida bacteriana.<sup>110,111</sup> En un metaanálisis, se encontró que la sutura recubierta de triclosán reduce significativamente el riesgo de ISQ a los 30 días, tanto en cirugía limpia como contaminada.<sup>112</sup> Además, tanto la OMS como los CDC recomiendan que se considere la sutura recubierta de triclosán para reducir el riesgo de ISQ.<sup>2,3</sup> Por estas razones, se debe considerar la poliglactina 910 recubierta de triclosán para el cierre quirúrgico, particularmente en pacientes con un mayor riesgo de ISQ posoperatoria. PDS II (polidioxanona) es otra sutura sintética absorbible; sin embargo, es una construcción de monofilamento que consta de un polímero de poliéster.<sup>105,106</sup> Se puede utilizar para cerrar tejidos subcutáneos y epidermis. Similar a Vicryl, conserva el 70% de su resistencia a la tracción a las dos semanas y el 25% a las seis semanas y tiene una reactividad tisular baja. Se ha demostrado que PDS II tiene una menor probabilidad de contaminación bacteriana y debe considerarse en heridas contaminadas.<sup>97,105,106</sup> Finalmente, Monocryl (poliglecaprona 25) es una sutura de monofilamento sintético absorbible compuesta por polímeros de glicólido y épsilon-caprolactona. Mantiene el 60% de su resistencia a la tracción a la semana, que se pierde a las tres semanas. Esta sutura se usa comúnmente para el cierre de la piel subcuticular.<sup>105,106</sup> Punto de consenso 22. El NACC recomienda que Vicryl, Vicryl recubierto con triclosán y PDS II sean opciones adecuadas para el cierre subcutáneo en heridas limpias. En heridas contaminadas, se debe dar preferencia a Vicryl y PDS II recubiertos con triclosán.

Recomendación grado B; nivel de certeza moderado; nivel de evidencia IC.

Como ya se dijo, las suturas no absorbibles se usan con mayor frecuencia para el cierre de la epidermis. Ethilon (nylon) es una sutura cutánea no absorbible de uso común compuesta de polímeros de nailon 6.<sup>105,106</sup> La sutura de nailon tiene mucha memoria, lo que puede contribuir al deslizamiento del nudo.<sup>103</sup> Nunca se deben usar suturas de seda trenzada interrumpida para el cierre de la piel. Las alternativas para el cierre de la piel incluyen grapas y adhesivos. Las grapas generalmente se consideran una alternativa más rápida, pero tienden a dejar marcas inmediatamente después de retirarlas. Sin embargo, el resultado cosmético a largo plazo es similar al cierre con sutura.<sup>113</sup> (Cuadro 10). Hay una serie de estudios de la literatura sobre cirugía ortopédica que sugieren un mayor riesgo de infección con el cierre con grapas, pero los ECA de otras disciplinas quirúrgicas no han encontrado resultados similares.<sup>114, 115</sup>

Los adhesivos, como Dermabond (octil-2-cianoacrilato), se pueden usar solos o en combinación con suturas para cerrar la piel. El uso de adhesivo solo para cerrar la piel no es ideal para incisiones más grandes o incisiones bajo alta tensión. Los adhesivos también pueden provocar irritación y excoriación de la piel y cuando se usan solos, pueden provocar la dehiscencia de la capa de la piel.<sup>105</sup> Además, se

debe tener cuidado de no colocar el adhesivo en la propia incisión porque esto puede interferir con la cicatrización de la herida incisional.<sup>105,116</sup>

<b>Tabla 10.</b> Consideraciones sobre el cierre cutáneo con grapas.	
Positivo	Negativo
Mayor velocidad de cierre disminuyendo los tiempos operatorios.	Se ha sugerido un posible aumento del riesgo de ISQ en la literatura sobre cirugía ortopédica.
Sin diferencia a largo plazo en el resultado cosmético en comparación con el cierre con sutura.	Mayor gasto en comparación con el cierre de sutura.
	Será necesario retirar las grapas en la clínica cuando cicatrice la herida.

### Técnicas de cierre de incisiones

El cierre por capas separadas de los planos de los tejidos es beneficioso por varias razones (Fig. 9).<sup>43</sup> En primer lugar, el cierre en capas alivia la tensión del tejido y posteriormente disminuye el riesgo de necrosis tisular y dehiscencia de la herida y, por lo tanto, mejora la cicatrización de la herida.<sup>98,117</sup> Esto es especialmente importante para el cierre de la bolsa del GPI porque el hardware implantado puede ejercer tensión sobre la incisión. Si existe un exceso de tensión, el bolsillo debe agrandarse. En segundo lugar, el cierre en capas reduce el espacio muerto entre los planos del tejido, lo que ayuda a minimizar la formación de hematomas y seroma.<sup>118,119</sup> El hematoma puede servir como medio para el crecimiento de organismos microbianos y se ha implicado en infecciones superficiales y profundas de tejidos blandos.<sup>43,97,103,104</sup> Por lo tanto, al reducir el riesgo de formación de hematoma y seroma, el cierre en capas también reduce el riesgo de infección de la herida.

Punto de consenso 23. Se recomienda el cierre en capas de las incisiones para limitar el espacio muerto y la tensión de cierre, minimizar el riesgo de infección y mejorar la cicatrización. Recomendación grado B; nivel de certeza moderado; nivel de evidencia II.

Al cerrar las incisiones quirúrgicas, los tejidos se pueden aproximar utilizando muchos métodos de sutura diferentes, que incluyen suturas simples interrumpidas y continuas en los tejidos subcutáneos y suturas simples interrumpidas, continuas, de colchón vertical, de colchón horizontal y subcutáneas continuas en la piel. El cierre continuo bloqueado puede interrumpir la microcirculación y provocar una mala cicatrización de heridas, y esto debe evitarse.<sup>43,97</sup>

El cierre subcutáneo de la piel puede ser más agradable desde el punto de vista estético para el paciente porque la sutura queda oculta dentro de la capa dérmica.<sup>120</sup> Sin embargo, esta técnica particular de cierre de la piel, a menos que se complemente con steri-strips o Dermabond, es relativamente débil y puede aflojarse con el aumento de la tensión debido al

hardware implantado o al movimiento del paciente.<sup>105,106</sup> Si se espera una alta tensión en la incisión, se recomienda evitar este método de cierre de la piel.<sup>120,121,122</sup> Todas las opciones de sutura disponibles han demostrado ser igualmente efectivas y los riesgos de complicaciones, incluidas las ISQ, son similares.<sup>43,98,113,120,123,124</sup> Al considerar el resultado cosmético, todas las técnicas de cierre de la piel han demostrado ser equivalentes cuando se logra una eversión adecuada del borde de la incisión.<sup>43,98,113,120,123,124</sup> Una excepción es el cierre interrumpido simple, que se ha demostrado que deja marcas cruzadas o “ferroviarias” en los primeros seis meses después de la cirugía.

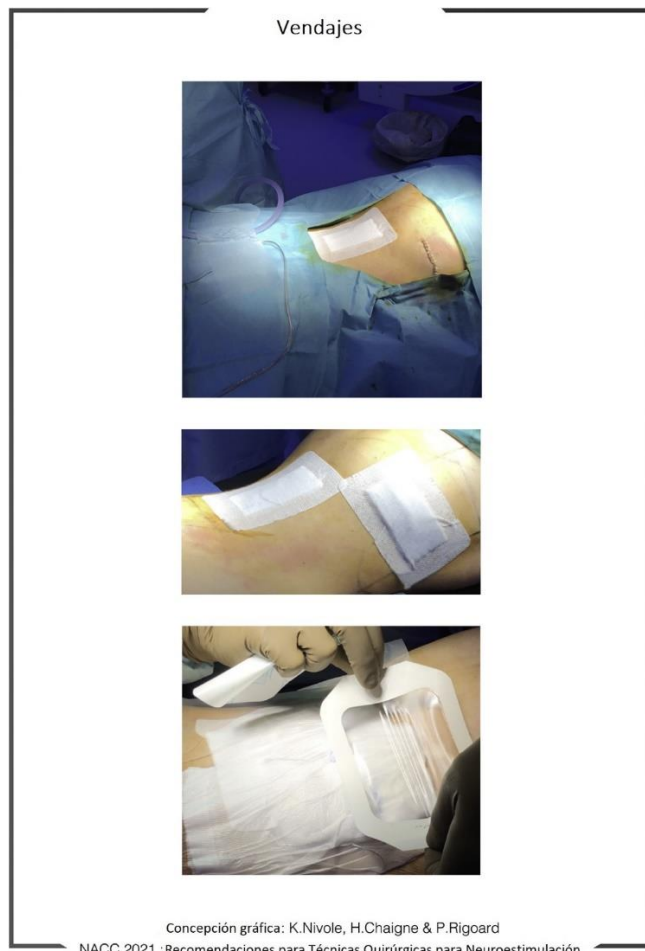
Punto de consenso 24. Todos los materiales y métodos de cierre epidérmico han demostrado ser igualmente eficaces en términos de riesgo de infección y estética. La técnica adecuada es más importante que el material o el método de sutura.

Recomendación grado B; nivel de certeza moderado; nivel de evidencia II.

### Vendajes

La aplicación de una cubierta o vendaje para heridas después del cierre de la herida posterior a la implantación del dispositivo parece ser una parte crítica del proceso para reducir la morbilidad potencial (Fig. 10). El objetivo principal de un apósito quirúrgico posoperatorio es proteger la herida de lesiones o contaminación y, por lo tanto, reducir el riesgo de ISQ. Obviamente, el vendaje debe cubrir toda la herida para ofrecer una protección total y acelerar el proceso de curación.<sup>125</sup> Varios estudios iniciales en la literatura quirúrgica sugirieron que los vendajes posoperatorios oclusivos reducían la tasa de ISQ.<sup>126,127</sup> Los datos de una gran revisión retrospectiva multisitio reciente de las prácticas SCS también respaldaron una reducción estadísticamente significativa en ISQ cuando se aplicó un vendaje oclusivo estéril en la sala de operaciones.<sup>42,97</sup> Otro gran estudio prospectivo de cohortes (N = 410 cirugías SCS) mostró que con procesos quirúrgicos agrupados, como el vendaje de heridas y la inspección diaria de heridas, redujeron significativamente la carga de ISQ del 10,4% antes de la intervención al 1,0 % después de la intervención.<sup>128</sup> Sin embargo, se debe tener en cuenta que las revisiones sistemáticas y los metaanálisis más recientes disponibles de toda la literatura quirúrgica sugieren que no hay evidencia suficiente para respaldar la superioridad o el uso rutinario de un vendaje posoperatorio en particular dada la falta de diferencia en el resultado de ISQI (es decir, no apósitos o protectores, antibacterianos, adsorbentes o de tipo desbridado).<sup>13,129,130</sup> Este hallazgo ha sido respaldado recientemente por la guía JAMA Surgery CDC para la prevención de ISQI mediante el uso de un apósito antimicrobiano posoperatorio, que demostró ambivalencia dada la falta de evidencia de calidad.<sup>2</sup> A pesar de algunos de estos hallazgos, varias pautas, incluidas las de NACC, CDC y el Instituto Nacional para la Excelencia en Salud y Atención, continúan recomendando el uso de un vendaje oclusivo estéril durante 24 a 48 horas porque las incisiones limpias se cerraron y

cicatrizaron por primera intención. (Categoría 1B).<sup>43,68,131</sup> En general, el uso de un vendaje oclusivo aplicado de manera estéril puede brindar soporte y protección adicional para el exudado postoperatorio típico que permite una cicatrización óptima de la herida.



**Figura 10.** Apósitos. Los apósitos deben cubrir toda la herida para ofrecer una protección total. Se ha observado una reducción significativa de la infección posoperatoria en algunos estudios cuando se aplica un vendaje oclusivo estéril en el quirófano. Fotos cortesía de Philippe Rigoard y usadas con autorización.

Punto de consenso 25. El NACC recomienda una herida cerrada limpia con la intención principal de cubrirla con un vendaje quirúrgico oclusivo estéril postoperatorio durante 24 a 48 horas para reducir el riesgo de ISQ.

Recomendación grado B; nivel de certeza moderado; nivel de evidencia IB.

### Cuidado Postoperatorio de Heridas

Como se describió anteriormente, se espera que la herida quirúrgica cicatrice por primera intención cuando los bordes de esta se aproximan y aseguran con diversas técnicas de cierre. Los objetivos principales del cuidado de heridas después de la cirugía son permitir un tiempo de cicatrización rápido sin infección o complicación y lograr una función y

aparición óptimas. Hay algunos elementos clave para el manejo del cuidado de heridas postoperatorias.

En primer lugar, la condición médica y las comorbilidades de los pacientes deben continuar optimizándose en el período perioperatorio para garantizar una cicatrización óptima de la herida, incluido el control de factores de riesgo potencialmente modificables como la enfermedad cardiovascular, la enfermedad periodontal, la inmunosupresión, el tabaquismo y las condiciones de salud sistémicas como obesidad y diabetes.<sup>132</sup>

Punto de consenso 26. El NACC recomienda prestar atención a las comorbilidades médicas y optimizar los factores de riesgo potencialmente modificables para promover la cicatrización de heridas.

Recomendación grado A; nivel de certeza alto; nivel de evidencia I.

En segundo lugar, se debe ver al paciente dentro de los 10 a 14 días posteriores a la intervención quirúrgica para retirar las suturas no absorbibles o grapas en función del grado de cicatrización de la herida, garantizar la educación adecuada sobre el cuidado de la herida y evaluar cualquier signo o síntoma de ISQ emergente.<sup>43,133</sup> Se debe asesorar a los pacientes y sus familiares sobre los signos y síntomas de la cicatrización de heridas típica y atípica.<sup>43</sup> Aunque la infección posoperatoria es rara, el sitio del GPI es la ubicación más común.<sup>42,97</sup> Los primeros signos y síntomas pueden incluir dolor y sensibilidad, eritema de la herida, supuración, hinchazón, dehiscencia, fiebre y náuseas.

Punto de consenso 27. El NACC recomienda un seguimiento dentro de los 10 a 14 días para retirar las suturas no absorbibles o grapas y la educación del paciente y la familia sobre los signos y síntomas de las ISQ.

Recomendación grado A; nivel de certeza alto; nivel de evidencia IB.

En tercer lugar, los apósitos adecuados deben seleccionarse en función de su capacidad para mantener un entorno protegido, mejorar la migración epidérmica, promover la síntesis de tejido conectivo, permitir el intercambio de gases entre la herida y el entorno, mantener la temperatura adecuada para mejorar el flujo sanguíneo, brindar protección contra infecciones bacterianas, no adherirse a la herida, y ser estéril, no tóxico y no alérgico.<sup>43,97,132,133</sup> Como se señaló anteriormente, se ha demostrado que los vendajes oclusivos mejoran las tasas de curación de heridas al disminuir la desecación y la inflamación y permitir la acumulación de exudado rico en factores de crecimiento que ayuda al proceso de curación.<sup>134,135,136,137,138</sup> Finalmente, las guías actuales recomiendan la técnica estéril aséptica si se requiere un cambio de apósito en el postoperatorio inmediato. Si es necesaria la limpieza de la herida en las primeras 48 horas, se recomienda una técnica aséptica con guantes estériles y solución salina estéril. Después de 48 horas, los pacientes pueden usar agua regular no esterilizada para limpiar la herida. Si hay alguna evidencia de ISQ temprana, se recomienda un seguimiento cercano con un control regular de la herida. Si existe alguna preocupación por una infección



superficial o profunda, se recomienda consultar con un experto en enfermedades infecciosas o en microbiología clínica, y se debe considerar el tratamiento con antibióticos.<sup>42,43,97,132,133</sup> No se recomienda la terapia antimicrobiana tópica de rutina.<sup>131,132</sup>

Punto de consenso 28. La NACC recomienda una técnica estéril aséptica, cuando sea posible, al cambiar los apósitos posoperatorios en las primeras 24 a 48 horas después de la cirugía.

Recomendación grado A; nivel de certeza alto; nivel de evidencia IB.

### Manejo del dolor postoperatorio

El manejo óptimo del dolor posoperatorio debería permitir una recuperación más rápida, menos complicaciones y una mayor satisfacción del paciente. Cada cirugía tiene el potencial de causar dolor crónico y aunque no es común, existe el potencial de dolor posquirúrgico persistente después de la implantación de dispositivos de neuroestimulación. Sin embargo, incluso en esta población de pacientes que experimentan dolor crónico, el dolor posoperatorio agudo generalmente se tolera bien y es de corta duración.

El dolor posoperatorio después de implantar dispositivos de neuroestimulación generalmente incluye componentes nociceptivos, inflamatorios y neuropáticos, que comienzan con el trauma quirúrgico y generalmente se reducen a medida que el tejido cicatriza.

- Fase aguda: generalmente dura de siete a diez días y comienza inmediatamente después del alta de la unidad de cuidados postanestésicos.
- Fase subaguda: de diez días a tres meses. Un período de transición en el que la mayoría de los pacientes convalecerán con tiempos de incomodidad posteriores al procedimiento más prolongados de lo esperado, mientras que algunos continuarán teniendo dolor crónico.
- Fase crónica: dolor que supera los tres meses después de la cirugía.

#### Fase aguda

No existen datos específicos ni recomendaciones sobre la elección de analgésicos tras los procedimientos de implantación de neuroestimulación; muchas de las recomendaciones han sido extrapoladas de la literatura de cirugía general y cirugía espinal.<sup>139</sup> En el perioperatorio, varias intervenciones pueden reducir el desarrollo de dolor agudo y crónico.

Primero, es importante establecer expectativas para los procedimientos de neuroestimulación. Los pacientes deben comprender los matices del GPI, incluidos los requisitos de carga de recarga, las posibles posiciones para dormir, la interferencia con el equipo ocupacional (p. ej., un cinturón de herramientas) y cómo el GPI puede provocar molestias. Una recomendación es que los pacientes se sometan a un "estudio de uso" para emular cómo se siente tener un GPI colocado. Esto se puede lograr con una plantilla o una caja de hilo dental como sustituto. Los cirujanos deben hacer todo lo posible para implantar estos dispositivos a una profundidad adecuada sin lesiones neurales y evitando las protuberancias

óseas. Antes de la operación, los pacientes pueden recibir opioides, paracetamol, inhibidores de la COX (AINE) y gabapentina, y después de la inducción, los pacientes pueden recibir ketamina por vía intravenosa para la antihiperalgia. Se ha demostrado que la ketamina intraoperatoria reduce el desarrollo de dolor crónico después de la cirugía en varios tipos de cirugías y reduce el consumo de opioides posoperatorios.<sup>140,141</sup> Durante la cirugía, se recomienda utilizar anestesia local tanto de tejidos superficiales como profundos antes de cualquier traumatismo tisular para reducir al máximo la transducción y transmisión de la nocicepción.

El manejo de la medicación posoperatoria consiste principalmente en paracetamol e inhibidores de la COX (AINE), con el uso de hielo y compresión sobre el sitio del GPI. Los inhibidores de la COX se pueden asociar con hemorragia, inhibición de la cicatrización de heridas y riesgos renales y gastrointestinales y, por lo tanto, el médico debe realizar una evaluación que proporcione la dosis efectiva más baja y durante el período más breve posible. Tanto la COX-1 como la COX-2 son inhibidas por la clase de medicamentos inhibidores de la COX/NSAID. Algunos favorecen la inhibición de la isoforma COX-1 y otros favorecen la isoforma COX-2. Los efectos secundarios de la isoforma COX-1 pueden incluir gastritis, disfunción renal y hemorragia, mientras que la inhibición de la isoforma COX-2 tiene una mayor incidencia de efectos adversos cardiovasculares, incluidos accidente cerebrovascular e infarto de miocardio.<sup>142,143</sup> Debido a que los AINE inhiben ambas isoformas, existe la posibilidad de eventos adversos cardiovasculares con el uso crónico de muchos medicamentos utilizados clínicamente.<sup>144</sup>

Los medicamentos opioides se han utilizado históricamente para el tratamiento del dolor posoperatorio. Sin embargo, existe una creciente evidencia de que pueden contribuir al desarrollo de dolor crónico a través de la hiperalgia inducida por opioides, y tienen potencial de adicción. Por estas razones, los CDC han recomendado agotar los analgésicos no opiáceos antes de tener una discusión de riesgo versus beneficio sobre el uso de opiáceos para el dolor posoperatorio.<sup>145</sup> La recomendación es prescribir no más de tres a cinco días de opioides, considerando su potencial de mal uso, abuso y adicción.

#### Fase Crónica

Se desconoce la incidencia del desarrollo de dolor crónico después de procedimientos de neuroestimulación. Se especula que es relativamente bajo dado que la cirugía es mínimamente invasiva. Sin embargo, ciertos tipos de dolor pueden manifestarse por el procedimiento o por el implante. Discutimos aquí algunos de los síndromes de dolor de neuromodulación posoperatoria más comunes.

El dolor persistente después de la laminectomía puede ser causado por la ruptura del tejido blando torácico o puede ser de naturaleza radicular. La radiculopatía torácica puede ser una causa de dolor agudo que se extiende a la fase crónica, especialmente después de la colocación de un cable de pala. Esta presentación puede incluir un patrón de dolor

torácico o abdominal en banda que puede ser más intenso que el dolor de la incisión; no se evidencian déficits motores. Esto se ve más comúnmente con una colocación más lateral del cable o con una rotación axial o coronal de la pala. La resonancia magnética o la tomografía computarizada preoperatoria de la columna torácica pueden ser útiles para comprender los posibles desafíos anatómicos por adelantado.<sup>146</sup>

El dolor encontrado en el sitio del GPI después de la colocación quirúrgica es una entidad bien conocida. La incidencia informada de dolor en el lugar del implante oscila entre el 0,4% y el 35%, pero nunca se ha estudiado sistemáticamente y no hay guías de tratamiento disponibles.<sup>147</sup> No se ha demostrado que la ubicación original de la colocación del GPI tenga un valor significativo o predictivo para el dolor de bolsillo en el futuro.<sup>148</sup> Tanto la técnica quirúrgica meticulosa como el establecimiento de expectativas apropiadas parecen ser importantes. También se deben considerar los factores del paciente (p. ej., aumento/pérdida de peso, traumatismo repetido en el sitio del GPI, carga y proceso de recarga, salud subyacente de los tejidos). El dolor de bolsillo generalmente se maneja como el dolor de la fase aguda con analgésicos simples tópicos u orales, y los pacientes ocasionalmente requieren revisión. También se puede encontrar dolor en el sitio de anclaje del cable, especialmente porque se utilizan sistemas de anclaje más grandes y robustos. Estos anclajes a menudo tienen un cuerpo de plástico duro que puede comprimir estructuras locales y causar dolor. De nuevo, el tratamiento implica analgésicos simples tópicos u orales y en algunos casos intratables, se requiere una revisión del sistema. El dolor sobre el sitio de anclaje puede ocurrir con mayor frecuencia en personas con un IMC bajo, y esto debe tenerse en cuenta al elegir el dispositivo de anclaje durante la planificación preoperatoria. La migración del electrodo también puede ser una causa de dolor posoperatorio crónico. Más comúnmente, el cable migrado irrita una estructura neural, causando dolor y parestesia en los dermatomas relevantes. Dicho dolor se ha observado con mayor frecuencia con los cables percutáneos que con los cables de pala colocados quirúrgicamente. Los efectos negativos de la migración del cable pueden superarse mediante la reprogramación, pero también puede ser necesaria una cirugía de revisión con reposicionamiento del cable. Aunque una radiografía simple puede diagnosticar el problema, la revisión del cable requiere el conocimiento de la técnica de anclaje utilizada en el momento del implante primario.<sup>149</sup>

## Manejo de Complicaciones de las heridas

### Infección del sitio quirúrgico

El CDC ha caracterizado previamente las ISQ superficiales y profundas<sup>2,68</sup> (figura 3). La ISQ superficial involucra solo la piel o los tejidos subcutáneos, mientras que la ISQ profunda involucra el tejido blando profundo, incluidos los músculos y la fascia. Aunque las complicaciones biológicas aparecen con mayor frecuencia dentro de los tres meses posteriores a la implantación del dispositivo,<sup>150</sup> los CDC han definido las ISQ

profundas como aquellas que ocurren dentro de los primeros 12 meses posteriores al implante.<sup>68</sup> Los sitios quirúrgicos deben evaluarse dentro de los 10 a 14 días posteriores a la cirugía para evaluar la cicatrización adecuada de la herida y los signos de ISQ.<sup>132</sup> Si se sospecha que se está desarrollando una ISQ, es imperativo un seguimiento estrecho para iniciar adecuadamente el tratamiento y mitigar las complicaciones prevenibles.

### Infección Superficial

Cuando se sospecha una infección, el tratamiento debe comenzar de inmediato. Los cultivos microbianos de hisopos son cruciales para ayudar en la selección adecuada de antibióticos. Dicho esto, el inicio de antibióticos empíricos no debe retrasarse en pacientes con signos de ISQ en desarrollo, con un plan para ajustar la terapia según los resultados de cultivo y sensibilidad. Se ha recomendado una terapia conservadora según el sitio y las características de las ISQ superficiales.<sup>133</sup> Cuando se sospecha una infección superficial (es decir, que no afecta al GPI, los cables SCS o el espacio neuroaxial), es aceptable considerar el tratamiento con antibióticos orales y un seguimiento estrecho.<sup>133,151</sup> Sin embargo, si existe la preocupación de una infección más profunda alrededor del GPI, los cables SCS o el espacio neuroaxial, se deben obtener imágenes y es necesario un tratamiento inmediato.

### Infección profunda y absceso

Las infecciones profundas ocurren con menos frecuencia que las infecciones superficiales.<sup>152</sup> Una vez que se sospecha, por lo general requieren incisión, drenaje y extracción de hardware, además de antibióticos intravenosos u orales. La extracción completa del hardware es esencial para tratar la infección profunda porque la extracción parcial del dispositivo se ha relacionado con tasas más altas de fracaso del tratamiento, recaída y morbilidad grave.<sup>153,154</sup> Al igual que en las infecciones de bolsillo del generador de dispositivos cardíacos, de siete a diez días de terapia con antibióticos suele ser suficiente si los hemocultivos son negativos y se logra el control de la fuente.<sup>155</sup> Cuando se reconoce una infección SCS complicada, se debe consultar al equipo de enfermedades infecciosas o microbiología médica para ayudar con la selección de antibióticos y la duración de la terapia.

La frecuencia de absceso epidural espontáneo es de dos por cada 10.000 ingresos hospitalarios.<sup>156</sup> Se desconoce la incidencia de abscesos epidurales después de la implantación del dispositivo neuroaxial porque la mayoría de los informes consisten en casos únicos.<sup>157</sup> La detección temprana de signos y síntomas de absceso epidural es crucial para la prevención de complicaciones neurológicas potencialmente catastróficas. Tanto la resonancia magnética con gadolinio intravenoso como la mielografía seguida de tomografía computarizada de la columna son muy sensibles (>90%) para diagnosticar abscesos epidurales espinales.<sup>158</sup> La resonancia magnética es menos invasiva; sin embargo, es necesario revisar la compatibilidad condicional de MRI del dispositivo implantado antes de decidir la modalidad de imagen.<sup>159</sup> Se justifica la consulta con un especialista en enfermedades infecciosas o un

microbiólogo médico si las estructuras neuroaxiales están involucradas. Se ha informado que la tasa de mortalidad por absceso epidural oscila entre el 10% y el 23%. Cuando comienza el deterioro neurológico, la descompresión quirúrgica emergente es esencial. La recuperación neurológica es cuestionable una vez que la parálisis ha estado presente por más de 12 horas. Si los déficits motores han estado presentes durante más de 36 h, la recuperación total es dudosa.<sup>160,161</sup>

### Hematoma

Puede ocurrir un hematoma posoperatorio alrededor del bolsillo de la batería, los cables tunelizados o en el espacio epidural (Fig. 4). La presencia de un hematoma alrededor del sitio del bolsillo de la batería puede provocar la dehiscencia de la herida y sirve como un excelente medio de crecimiento bacteriano.<sup>61</sup> El riesgo de hematoma epidural es bajo, oscilando entre el 0,25% y el 0,7% de los casos.<sup>53,54,60</sup> Sin embargo, cuando el hematoma comprime la médula espinal, pueden producirse déficits graves, que pueden progresar a paraplejía. Se recomienda una estrecha vigilancia tras la inserción de un dispositivo de neuroestimulación, y esto debe incluir la observación neurológica y de la herida.

Un hematoma epidural sintomático es una verdadera emergencia. Los signos de advertencia de hematoma epidural incluyen entumecimiento posoperatorio progresivo que puede ir acompañado de dolor intenso en la espalda o las piernas. Si se desarrollan estos signos de advertencia, se debe realizar una derivación urgente inmediata a la sala de emergencias o a un neurocirujano o cirujano de columna colaborador, incluso antes de que se desarrolle cualquier debilidad. La evaluación debe descartar la colocación de electrodos intramedulares, hematoma subdural, hematoma epidural o lesión o compresión de la médula espinal, junto con cualquier estenosis asociada del canal espinal.<sup>79</sup> La investigación por resonancia magnética puede ser posible en sistemas condicionalmente compatibles con resonancia magnética. Si no es posible, se debe realizar una TC con o sin contraste. Si la TC no es diagnóstica o no es concluyente, se deben retirar los cables con urgencia y se debe obtener una RM inmediatamente después.<sup>162</sup> Cuando se confirma un hematoma epidural, el tratamiento estándar es la evacuación quirúrgica inmediata. En última instancia, la decisión de si operar y cuándo, corresponde al cirujano en colaboración con el médico implantador de SCS, porque puede haber retrasos en la presentación del paciente que también pueden variar con respecto a su curso clínico.<sup>163,164</sup> En un manuscrito anterior de NACC se proporciona una discusión detallada sobre el riesgo, la prevención y el tratamiento de los hematomas epidurales espinales.<sup>102</sup>

Con frecuencia se puede observar un hematoma en el bolsillo de la batería incluso si el hematoma no causa dolor o presión sobre la cicatriz. Los hematomas más grandes se pueden tratar mediante compresión y/o aspiración. Si el problema no se resuelve en un tiempo razonable y puede afectar la cicatrización de la herida, se debe realizar una incisión y un drenaje.<sup>165</sup> La aspiración de hematoma de bolsa se puede

considerar como un tratamiento, pero se debe considerar el riesgo de infección en la decisión de riesgo-beneficio.

### Seroma

Un seroma es una colección de líquido serosanguinolento dentro de una bolsa en desarrollo o una bolsa creada quirúrgicamente que probablemente sea causada por fuerzas de fricción entre dos planos de tejido y un traumatismo quirúrgico excesivo.<sup>79</sup> Un estudio retrospectivo reciente informó una incidencia de seroma del 0,4% un año después del implante para la inserción de estimuladores de la médula espinal.<sup>166</sup> La reducción del riesgo de seroma incluye la preparación preoperatoria del paciente, como el tratamiento de comorbilidades como la diabetes mediante la optimización del control de la glucosa. Durante la cirugía, se debe considerar evitar el tamaño excesivo de la bolsa del GPI y limitar el traumatismo excesivo del tejido, como la disección aguda agresiva, el uso excesivo de cauterización o la retracción roma forzada.<sup>133</sup> El diagnóstico se puede confirmar mediante la aspiración de un líquido de color pajizo que es negativo en el examen microscópico para bacterias y cultivo posterior. El diagnóstico también puede confirmarse mediante exploración quirúrgica y drenaje, con cultivo y análisis de líquidos.<sup>18</sup> El seroma debe distinguirse del higroma del LCR según el análisis de fluidos. El higroma del LCR es una complicación rara pero potencialmente grave. El tratamiento incluye la observación conservadora o la corrección quirúrgica abierta de la duramadre según el criterio del médico. El tratamiento puede incluir observación porque muchos seromas simplemente se resuelven con el tiempo. Otras opciones de manejo incluyen la aplicación de presión al tejido, la aspiración con aguja o la incisión quirúrgica y el drenaje.<sup>167</sup> La aspiración puede conducir a la introducción de una infección y se debe considerar la relación riesgo-beneficio. Si un seroma persiste o reaparece a pesar del tratamiento adecuado, puede ser recomendable reintervenir y reducir el espacio muerto mediante técnicas de cierre adecuadas.<sup>79</sup>

### Dehiscencia

La dehiscencia de la herida ocurre cuando una o más capas de la herida quirúrgica se separan. Aunque es raro, esto ocurre con mayor frecuencia entre cinco y ocho días después de la cirugía. Es más común en pacientes propensos a una mala cicatrización de heridas, como pacientes con diabetes, inmunosupresión, trastornos del tejido conectivo y cáncer. Un hematoma postoperatorio también puede ejercer presión interna sobre la herida, lo que lleva a la dehiscencia. El cierre de la herida con una tensión excesiva sobre la herida puede provocar isquemia y posterior separación de las capas de tejido debido a la necrosis. Si no se cierran lo suficiente las capas de tejido, también se puede producir una dehiscencia.<sup>167</sup> El uso de esteroides aumenta el riesgo de dehiscencia de la herida dos o tres veces.<sup>168</sup> También es importante optimizar los factores de riesgo del paciente antes de la cirugía.<sup>169</sup> El control de la diabetes,<sup>170</sup>

mejoría de la nutrición,<sup>171</sup> y dejar de fumar pueden mejorar la curación.<sup>172</sup> Igualmente importante resultan evitar las incisiones directamente sobre el sitio previsto del hardware implantado, la hemostasia meticulosa y el cierre de las heridas en capas evitando la tensión excesiva de la piel, lo cual puede reducir el riesgo de dehiscencia de la herida.<sup>79</sup> Con los generadores de impulsos recargables, los ajustes del programa que requieren una recarga frecuente también pueden afectar negativamente a la cicatrización de heridas.<sup>173</sup> Las técnicas para el manejo de la dehiscencia de la herida en el contexto de los procedimientos de neuromodulación son en gran medida anecdóticas. Si no hay evidencia de infección, se puede intentar salvar el sistema con desbridamiento de la herida y cierre con suturas o un sistema de cierre asistido por vacío, con o sin cobertura antibiótica.<sup>79,174</sup> Si hay evidencia de infección profunda o si falla la recuperación del sistema, se debe retirar el dispositivo de neuromodulación, independientemente de si hay síntomas de infección sistémica o no.<sup>79</sup>

### Erosión

La erosión de la piel por los cables o el hardware es una complicación poco común del SCS (Fig. 3). La erosión de la piel por los cables suele ser una consecuencia de la colocación superficial del cable. La erosión de la piel del GPI se puede reducir mediante la colocación a una profundidad adecuada y lejos de las prominencias óseas, el cierre cuidadoso en capas sin tensión en los bordes de la piel y evitando las líneas de sutura sobre el dispositivo implantado. Con erosión por el cable en ausencia de infección, se han documentado intentos de rescate con desbridamiento y cierre de la piel o implantación más profunda del cable,<sup>175</sup> aunque esto no siempre tiene éxito. Si ocurre una infección profunda que involucra el bolsillo del dispositivo, el dispositivo SCS debe retirarse independientemente de si hay síntomas de infección sistémica o no, y se desaconsejan los intentos de recuperación del dispositivo. Después de tomar los cultivos de la herida, se debe iniciar el tratamiento de la infección. Se deben realizar pruebas diagnósticas radiográficas como resonancia magnética o tomografía computarizada para descartar un absceso epidural.<sup>79</sup> Si se considera la reimplantación, se debe resolver la infección y tomar las medidas apropiadas para reducir los riesgos de reinfección, cicatrización deficiente de la herida y dehiscencia repetida.<sup>176,177,178</sup> Puede ser razonable consultar con un especialista en enfermedades infecciosas o un microbiólogo médico antes de la reimplantación. No hay datos formales sobre las tasas de reinfección después de la reimplantación o el momento óptimo de la reimplantación. La decisión de reimplantar debe individualizarse según las circunstancias del paciente, como la gravedad de la infección previa y las posibles secuelas y la eficacia del sistema de neuromodulación para abordar los síntomas del paciente, junto con el deseo del paciente de seguir adelante con la reimplantación. Para obtener información adicional, consulte la guía NACC más reciente sobre recuperación de la terapia publicada en un artículo complementario.<sup>179</sup>

### Formación de Fellows y Residentes en Técnica Quirúrgica

Con la evolución de la tecnología, la investigación y los datos de neuromodulación, la capacitación de los residentes y becarios debe evolucionar simultáneamente en paralelo a la velocidad de la rápida innovación dentro del campo. Garantizar resultados seguros y eficaces para los pacientes con el uso creciente de la tecnología de dispositivos médicos es primordial, y debemos continuar invirtiendo en el conjunto de habilidades operativas de nuestros aprendices en todas las especialidades. Muchas especialidades médicas y quirúrgicas diferentes participan en la selección, prueba, implantación y seguimiento de pacientes con SCS, incluidos neurocirujanos, anestesiólogos, fisiatras, radiólogos intervencionistas, neurólogos, psiquiatras y cirujanos ortopédicos. El conocimiento central y la formación quirúrgica en SCS pueden diferir ampliamente entre las especialidades, con los alumnos adquiriendo diversos grados de familiaridad con las técnicas de implantación de dispositivos SCS y el manejo de pacientes y posibles complicaciones. Para los profesionales fuera de las especialidades quirúrgicas, los cursos de cadáveres y un curso de habilidades quirúrgicas básicas son útiles, al igual que la asistencia a cirugías electivas de columna de rutina realizadas por neurocirujanos y ortopedistas. Sin embargo, dada la diversidad de antecedentes de especialidades primarias observada entre los neuromoduladores, la estandarización de las competencias quirúrgicas básicas para evaluar y mejorar estas habilidades es fundamental para garantizar la seguridad de nuestros pacientes y el crecimiento del campo. La última década ha producido no solo datos sólidos de neuromodulación, sino también un crecimiento del número de fabricantes junto con enfoques y objetivos de tratamiento únicos y una expansión en indicaciones, hardware y software. Esta mayor complejidad y utilización de la tecnología exige la formación adecuada de los médicos en su aplicación segura y eficaz.<sup>180-187</sup> Aunque la capacitación en neuromodulación es claramente un esfuerzo mundial, lo siguiente es una descripción general del proceso de capacitación dentro de los EUA. Tradicionalmente, la capacitación quirúrgica dentro de la neuromodulación se ha logrado a través de los programas de capacitación de residencia y becas del Consejo Acreditado de Educación Médica para Graduados (ACGME), la participación social a través de cursos de capacitación y programas de tutoría en laboratorios de cadáveres y cursos patrocinados por la industria para terapias implantables. Sin embargo, a pesar de las pautas de ACGME, sigue existiendo una variabilidad significativa dentro y entre las especialidades que brindan educación y capacitación para las terapias de neuromodulación implantables. Además, debido a las necesidades insatisfechas de capacitación, el patrocinio de la industria juega un papel más importante de lo deseado en la educación y capacitación quirúrgica. Esto presenta un desafío separado con respecto al conflicto de intereses y el sesgo. En 2014, Gharibo et al.<sup>184</sup> informó que el 89,1% de los directores de programas de becas de investigación sobre el dolor clasificaron la beca como la fuente "más valiosa" de

capacitación en SCS para compañeros y los talleres patrocinados por el fabricante ocuparon el segundo lugar.<sup>181-188</sup>

Actualmente, el ACGME requiere cinco casos de neuromodulación observados por becario de dolor para cumplir con los requisitos de graduación para matricularse en la beca de medicina en la práctica del dolor.

Lamentablemente, este requisito no tiene en cuenta los matices y las complejidades del tratamiento intervencionista del dolor en la práctica clínica. Existe la necesidad y la oportunidad de redefinir estas competencias básicas para asegurar resultados eficaces después de la capacitación. En 2019, Pak et al.<sup>185</sup> encuestó a becarios de medicina del dolor y médicos practicantes del dolor de 2016 a 2017 e informó que, aunque muchos (36,5%) habían realizado >15 ensayos SCS durante la beca, la mayoría (63,5%) había realizado 15, pero el 32% había realizado de uno a cinco y 7,5% no realizó ningún implante durante la beca. El número medio de ensayos SCS por programa fue de 46,12 (rango: 5-200) y el número medio de implantes SCS por programa fue de 32,44 (rango: 0-150). A pesar de los intentos de estandarizar la capacitación y las mejores prácticas para la neuromodulación, existe inconsistencia y una amplia gama de prácticas entre los médicos en lo que respecta al uso de la preparación de la piel, el cierre de heridas y las prescripciones antimicrobianas posoperatorias, por nombrar solo algunas. Una capacitación quirúrgica más estructurada con tecnología implantable con respecto a la idoneidad del dispositivo, la indicación, la habilidad técnica y el manejo de complicaciones puede tener un impacto en la seguridad de los procedimientos de neuromodulación y sus tasas de éxito y abordaría directamente las necesidades no satisfechas durante la capacitación.<sup>180-190</sup> Falowski et al.<sup>182</sup> informó datos acumulados de encuestas de cinco años de un programa nacional de mentores de neuromodulación de un año que incluye 63 parejas de aprendices/mentores en múltiples especialidades. Solo el 56,2% de los alumnos informaron sentirse cómodos realizando implantes SCS al final de una beca de medicina del dolor. Además, el 54,7% informó una necesidad insatisfecha de capacitación en terapia de SCS, y el 47,1% consideró que las sociedades de medicina del dolor deberían ser responsables de desarrollar pautas para ayudar a fomentar la estandarización de las prácticas de SCS. La mayoría de los participantes del programa de tutoría informaron un aumento en el número de pruebas SCS e implantes permanentes realizados después de completar con éxito el programa. Al finalizar el programa, los aprendices informaron puntajes de competencia estadísticamente significativos más altos en todas las áreas evaluadas, que incluyeron el conocimiento de los modos y objetivos de neuromodulación, conocimiento de la selección de pacientes para la neuromodulación, conocimiento en el manejo de las complicaciones de la neuromodulación y confianza en las habilidades quirúrgicas. Esta encuesta aclara aún más la amplia variabilidad en la capacitación entre varias becas de medicina del dolor. Sociedades y organizaciones como el American College of Surgeons,

ACGME y otras han reconocido la heterogeneidad inherente de los aprendices y los programas de capacitación y han recomendado e implementado programas formales de tutoría para ayudar a los médicos en su transición a la práctica independiente, lo que ha demostrado ser beneficioso.<sup>182-193</sup>

Punto de consenso 29. El NACC aboga por la participación en un programa estructurado de tutoría durante la capacitación en neuromodulación, ya sea dentro de la capacitación formal de becas o a través de la participación social.

Recomendación grado A; nivel de certeza alto; nivel de evidencia II.

Pittelkow et al.<sup>180</sup> han propuesto un programa piloto electivo, que utiliza la escala *Zwisch* validada para la evaluación del desempeño durante los casos quirúrgicos de SCS, para clasificar el grado de orientación que el cirujano supervisor principal brinda al cirujano en formación durante la parte crítica del procedimiento. Los objetivos secundarios incluían determinar la satisfacción con el uso de la rúbrica e identificar áreas para mejorar la retroalimentación de los alumnos. Las cuatro categorías principales consistieron en enfoque técnico, interpretación de imágenes, acceso epidural y cierre de heridas. Se esperaba que los becarios tuvieran las herramientas disponibles después de todos los ensayos SCS e implantes permanentes para el informe posterior al procedimiento. Los resultados indican que la implementación de una escala de evaluación de neuromodulación de habilidades quirúrgicas fue beneficiosa tanto para los médicos supervisores como para los becarios.<sup>180-196</sup>

En un esfuerzo por llenar este vacío de entrenamiento quirúrgico formal en neuromodulación, Abd-Elsayed et al.<sup>181</sup> propuso un plan de estudios educativo para aprendices y neuromoduladores de carrera temprana para SCS. Los autores proporcionaron parámetros para evaluar la competencia necesaria para ofrecer o participar en la implementación de terapias de neuromodulación independientemente de la especialidad individual, así como la capacidad de realizar un seguimiento de la finalización mediante el uso de una evaluación formal por parte de los directores o mentores del programa. Las competencias básicas incluyeron la selección de pacientes, el conocimiento y la interpretación radiográfica, las pruebas, las habilidades quirúrgicas, la resolución de problemas intraoperatorios, el manejo de complicaciones y la atención a largo plazo. Este plan de estudios educativo propone un estándar mediante el cual se podría cumplir con una competencia aceptada y brinda orientación hacia eventuales acreditaciones y certificaciones.<sup>97,181-200</sup>

Punto de consenso 30. El NACC recomienda agregar una medida estandarizada de competencia para residentes y becarios en capacitación para garantizar la competencia de las técnicas quirúrgicas dentro de la neuromodulación.

Recomendación grado B; nivel de certeza moderado; nivel de evidencia II.

Hasta la fecha, no existe una certificación o acreditación formal que se haya establecido fuera del modelo de capacitación de becarios específicamente para neuromodulación, con la excepción del estado de certificación de la junta

de especialidad. Además de la residencia de ACGME y la capacitación de becarios, las habilidades quirúrgicas de los aprendices se pueden mejorar a través de la participación social a través de tutorías, educación digital en línea, cursos prácticos de capacitación en cadáveres y programas de capacitación patrocinados por la industria. El conocimiento de los dispositivos SCS y sus aplicaciones, la planificación previa al procedimiento, la evaluación de imágenes, la anatomía pertinente, el uso de la fluoroscopia, la colocación técnica del dispositivo, la solución de problemas y el manejo de las complicaciones del dispositivo son habilidades que se deben aprender para cuidar a los pacientes con dolor crónico de manera efectiva y segura. Los programas de capacitación modernos que preparan a los residentes y becarios para practicar la neuromodulación de manera segura deben elevar su nivel de capacitación para incluir habilidades quirúrgicas integrales para alinearse con la rápida evolución del campo. Los estándares de los requisitos de capacitación de ACGME con respecto a estas habilidades y competencias básicas deben reevaluarse periódicamente para reflejar mejor el alcance de la tecnología y la práctica y garantizar que la competencia de los alumnos produzca resultados seguros y eficaces. El NACC reconoce que los requisitos y procesos de capacitación varían en todo el mundo y como tal, existe una variedad en los métodos que permiten a un médico llegar al mismo punto final de amplia base de conocimientos, excelente exposición de procedimientos y progresión gradual de capacitación que permite la demostración del juicio clínico.

### Conclusión

Las recomendaciones de la NACC se basan en una revisión cuidadosa de la literatura, la clasificación de la evidencia y un consenso de médicos que representan un cuerpo diverso y experimentado de expertos. Estas mejores prácticas se pueden seguir para mejorar la seguridad y eficacia para el paciente.

#### Declaraciones de autoría

Timothy R. Deer se desempeñó como coautor principal y coordinador. Marc A. Russo se desempeñó como coautor principal. Philippe Rigoard se desempeñó como autor e ilustrador colaborador. Jonathan M. Hagedorn y Jay S. Grider se desempeñaron como autores colaboradores y líderes de calificación y pruebas. Ricardo Vallejo, Alexander L. Green, Fabian Piedimonte, Peter Pahapill y Alessandro Dario se desempeñaron como editores. Robert M. Levy se desempeñó como editor principal y trabajó en la revisión general del manuscrito. Jonathan M. Hagedorn, Peter Pahapill, Philippe Rigoard, Derron Wilson y Timothy R. Deer trabajaron en las revisiones solicitadas por los revisores. Los autores restantes realizaron búsquedas bibliográficas, escribieron secciones, escribieron declaraciones de consenso o revisaron/editaron secciones que no redactaron, y todos aprobaron el manuscrito presentado.

### Referencias

- Harris RP, Helfand M, Woolf SH, et al. Current methods of the US Preventive Services Task Force: a review of the process. *Am J Prev Med.* 2001;20(suppl 3):21–35.
- Berríos-Torres SI, Umscheid CA, Bratzler DW, et al. Centers for Disease Control and Prevention guideline for the prevention of surgical site infection, 2017. *JAM Surg.* 2017; 152:784–791.
- World Health Organization. Global guidelines for the prevention of surgical site infection. Accessed January 6, 2021. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/250680/9789241549882-eng.pdf?sequence=8>
- Horlocker TT, Vandermeulen E, Kopp SL, Gogarten W, Leffert LR, Benzon HT. Regional anesthesia in the patient receiving antithrombotic or thrombolytic therapy: American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine evidencebased guidelines (fourth edition). *Reg Anesth Pain Med.* 2018; 43:263–309.
- Allegranzi B, Bischoff P, de Jonge S, et al. New WHO recommendations on preoperative measures for surgical site infection prevention: an evidence-based global perspective. *Lancet Infect Dis.* 2016;16: e276–e287.
- American Academy of Orthopaedic Surgeons Patient Safety Committee, Evans RP. Surgical site infection prevention and control: an emerging paradigm. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91(suppl 6):2–9.
- Moucha CS, Clyburn T, Evans RP, Prokuski L. Modifiable risk factors for surgical site infection. *J Bone Joint Surg Am.* 2011; 93:398–404.
- Bode LG, Kluytmans JA, Wertheim HF, et al. Preventing surgical-site infections in nasal carriers of *Staphylococcus aureus*. *N Engl J Med.* 2010; 362:9–17.
- Chen P, Hallock KK, Mulvey CL, Berg AS, Cherian VT. The effect of elevated A1C on immediate postoperative complications: a prospective observational study. *Clin Diabetes.* 2018; 36:128–132.
- American Diabetes Association. Standards of medical care in diabetes–2013. *Diabetes Care.* 2013;36(suppl 1): S11–S66.
- Dhatariya K, Levy N, Kilvert A, et al. NHS diabetes guideline for the perioperative management of the adult patient with diabetes. *Diabet Med.* 2012; 29:420–433.
- Underwood P, Askari R, Hurwitz S, Chamarthi B, Garg R. Preoperative A1C and clinical outcomes in patients with diabetes undergoing major noncardiac surgical procedures. *Diabetes Care.* 2014; 37:611–616.
- Ban KA, Minei JP, Laronga C, et al. American College of Surgeons and Surgical Infection Society: surgical site infection guidelines, 2016 update. *J Am Coll Surg.* 2017; 224:59–74.
- Møller AM, Villebro N, Pedersen T, Tønnesen H. Effect of preoperative smoking intervention on postoperative complications: a randomised clinical trial. *Lancet.* 2002; 359:114–117.
- Sorensen LT, Karlsmark T, Gottrup F. Abstinence from smoking reduces incisional wound infection: a randomized controlled trial. *Ann Surg.* 2003; 238:1–5.
- Mekhail N, Azer G, Saweris Y, Mehanny DS, Costandi S, Mao G. The impact of tobacco cigarette smoking on

- spinal cord stimulation effectiveness in chronic spine-related pain patients. *Reg Anesth Pain Med.* 2018; 43:768–775.
17. Hooten WM, Moman RN, Dvorkin J, Pollard EM, Wonderman R, Murad MH. Prevalence of smoking in adults with spinal cord stimulators: a systematic review and meta-analysis. *Reg Anesth Pain Med.* 2020; 45:214–218.
  18. Beer GM, Wallner H. Prevention of seroma after abdominoplasty. *Aesthet Surg J.* 2010; 30:414–417.
  19. Kumar K, Wilson JR, Taylor RS, Gupta S. Complications of spinal cord stimulation, suggestions to improve outcome, and financial impact. *J Neurosurg Spine.* 2006; 5:191–203.
  20. Fletcher N, Sofianos D, Berkes MB, Obremskey WT. Prevention of perioperative infection. *J Bone Joint Surg Am.* 2007; 89:1605–1618.
  21. Bowater RJ, Stirling SA, Lilford RJ. Is antibiotic prophylaxis in surgery a generally effective intervention? Testing a generic hypothesis over a set of meta-analyses. *Ann Surg.* 2009; 249:551–556.
  22. Burke JP. Maximizing appropriate antibiotic prophylaxis for surgical patients: an update from LDS Hospital, Salt Lake City. *Clin Infect Dis.* 2001;33(suppl 2): S78–S83.
  23. Alexander JW, Solomkin JS, Edwards MJ. Updated recommendations for control of surgical site infections. *Ann Surg.* 2011; 253:1082–1093.
  24. Forse RA, Karam B, MacLean LD, Christou NV. Antibiotic prophylaxis for surgery in morbidly obese patients. *Surgery.* 1989; 106:750–756 [discussion: 756].
  25. Matar WY, Jafari SM, Restrepo C, Austin M, Purtill JJ, Parvizi J. Preventing infection in total joint arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2010;92(suppl 2):36–46.
  26. McDonald M, Grabsch E, Marshall C, Forbes A. Single-versus multiple-dose antimicrobial prophylaxis for major surgery: a systematic review. *Aust N Z J Surg.* 1998; 68:388–396.
  27. Ohtori S, Inoue G, Koshi T, et al. Long-term intravenous administration of antibiotics for lumbar spinal surgery prolongs the duration of hospital stay and time to normalize body temperature after surgery. *Spine.* 2008; 33:2935–2937.
  28. Nelson CL, Green TG, Porter RA, Warren RD. One day versus seven days of preventive antibiotic therapy in orthopedic surgery. *Clin Orthop Relat Res.* 1983;176: 258–263.
  29. Anderson PA, Savage JW, Vaccaro AR, et al. Prevention of surgical site infection in spine surgery. *Neurosurgery.* 2017;80: S114–S123.
  30. Erman T, Demirhindi H, Göçer AI, Tuna M, Ildan F, Boyar B. Risk factors for surgical site infections in neurosurgery patients with antibiotic prophylaxis. *Surg Neurol.* 2005; 63:107–112.
  31. Barzoloski-O'Connor B. Preparing the skin for surgery. *Plast Surg Nurs.* 2014;34: 12–14.
  32. Corby M, Meller C, Park S. Does perioperative skin preparation reduce surgical site Infection? *Laryngoscope.* 2018; 128:1987–1989.
  33. Tanner J, Norrie P, Melen K. Preoperative hair removal to reduce surgical site infection. *Cochrane Database Syst Rev.* 2011;11:CD004122.
  34. Siddique MS, Matai V, Sutcliffe JC. The preoperative skin shave in neurosurgery: is it justified? *Br J Neurosurg.* 1998; 12:131–135.
  35. Sukul V, Lynch T, Loftus C. Optimal approaches to skin preparation prior to neurosurgery. *US Neurology.* 2010; 6:14–18.
  36. Sievert DM, Ricks P, Edwards JR, et al. Antimicrobial-resistant pathogens associated with healthcare-associated infections: summary of data reported to the National Healthcare Safety Network at the Centers for Disease Control and Prevention, 2009–2010. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2013; 34:1–14.
  37. Septimus EJ, Schweizer ML. Decolonization in prevention of health care-associated infections. *Clin Microbiol Rev.* 2016; 29:201–222.
  38. Zinn J, Jenkins JB, Swofford V, Harrelson B, McCarter S. Intraoperative patient skin prep agents: is there a difference? *AORN J.* 2010; 92:662–674.
  39. Ghobrial GM, Wang MY, Green BA, et al. Preoperative skin antisepsis with chlorhexidine gluconate versus povidone-iodine: a prospective analysis of 6959 consecutive spinal surgery patients. *J Neurosurg Spine.* 2018; 28:209–214.
  40. Guzel A, Ozekinci T, Ozkan U, Celik Y, Ceviz A, Belen D. Evaluation of the skin flora after chlorhexidine and povidone-iodine preparation in neurosurgical practice. *Surg Neurol.* 2009; 71:207–210.
  41. Yasuda T, Hasegawa T, Yamato Y, et al. Optimal timing of preoperative skin preparation with povidone-iodine for spine surgery: a prospective, randomized controlled study. *Asian Spine J.* 2015; 9:423–426.
  42. Bendel MA, O'Brien T, Hoelzer BC, et al. Spinal cord stimulator related infections: findings from a multicenter retrospective analysis of 2737 implants. *Neuromodulation.* 2017; 20:553–557.
  43. Deer TR, Provenzano DA, Hanes M, et al. The Neurostimulation Appropriateness Consensus Committee (NACC) recommendations for infection prevention and management. *Neuromodulation.* 2017; 20:31–50. <https://doi.org/10.1111/ner.12565>.
  44. Bratzler DW, Houck PM, Richards C, et al. Use of antimicrobial prophylaxis for major surgery: baseline results from the National Surgical Infection Prevention Project. *Arch Surg.* 2005; 140:174–182.
  45. Provenzano DA, Deer T, Luginbuhl Phelps A, et al. An international survey to understand infection control practices for spinal cord stimulation. *Neuromodulation.* 2016; 19:71–84.

46. Olsen MA, Nepple JJ, Riew KD, et al. Risk factors for surgical site infection following orthopaedic spinal operations. *J Bone Joint Surg Am.* 2008; 90:62–69.
47. Malhotra NR, Piazza M, Demoor R, et al. Impact of reduced preincision antibiotic infusion time on surgical site infection rates: a retrospective cohort study. *Ann Surg.* 2020; 271:774–780.
48. Deer TR, Russo M, Grider J, et al. Neuromodulation Appropriateness Consensus Committee (NACC) recommendations for the mitigation of complications of neurostimulation. *Neuromodulation.* In press.
49. Monroig K, Ghosh K, Marquez JE, et al. Do postoperative prophylactic antibiotics reduce highly virulent infections?: An analysis of 660 tissue expander breast reconstructions. *Plast Reconstr Surg Glob Open.* 2020;8(suppl 4):57–58.
50. Ryan SP, Kildow BJ, Tan TL, et al. Is there a difference in infection risk between single and multiple doses of prophylactic antibiotics? A meta-analysis. *Clin Orthop Relat Res.* 2019; 477:1577–1590.
51. Lewis A, Lin J, James H, et al. A single-center intervention to discontinue postoperative antibiotics after spinal fusion. *Br J Neurosurg.* 2018; 32:177–181.
52. Antithrombotic drugs market - growth, trends, COVID-19 impact, and forecast (2021-2026). Mordor Intelligence. Accessed January 20, 2021. <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/antithrombotic-drugs-market>
53. Levy R, Henderson J, Slavin K, et al. Incidence and avoidance of neurologic complications with paddle type spinal cord stimulation leads. *Neuromodulation.* 2011; 14:412–422. <https://doi.org/10.1111/j.15251403.2011.00395.x>.
54. Petraglia FW, Farber SH, Gramer R, et al. The incidence of spinal cord injury in implantation of percutaneous and paddle electrodes for spinal cord stimulation. *Neuromodulation.* 2016;19:85–90. <https://doi.org/10.1111/ner.12370>.
55. Sivanesan E, Bicket MC, Cohen SP. Retrospective analysis of complications associated with dorsal root ganglion stimulation for pain relief in the FDA MAUDE database. *Reg Anesth Pain Med.* 2019; 44:100–106. <https://doi.org/10.1136/rapm-2018-000007>.
56. Deer T, Pope J, Hunter C, et al. Safety analysis of dorsal root ganglion stimulation in the treatment of chronic pain. *Neuromodulation.* 2020;23:239–244. <https://doi.org/10.1111/ner.12941>.
57. Tryba M. Epidural regional anesthesia and low molecular heparin: pro [in German]. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther.* 1993;28:179–181. <https://doi.org/10.1055/s-2007-998902>.
58. Vandermeulen EP, Van Aken H, Vermylen J. Anticoagulants and spinal-epidural anesthesia. *Anesth Analg.* 1994;79:1165–1177. <https://doi.org/10.1213/00000539-199412000-00024>.
59. Bateman BT, Mhyre JM, Ehrenfeld J, et al. The risk and outcomes of epidural hematomas after perioperative and obstetric epidural catheterization: a report from the Multicenter Perioperative Outcomes Group Research Consortium. *Anesth Analg.* 2013; 116:1380–1385. <https://doi.org/10.1213/ANE.0b013e318251>
60. Cameron T. Safety and efficacy of spinal cord stimulation for the treatment of chronic pain: a 20-year literature review. *J Neurosurg.* 2004; 100:254–267. <https://doi.org/10.3171/spi.2004.100.3.0254>.
61. Deer TR, Narouze S, Provenzano DA, et al. The Neurostimulation Appropriateness Consensus Committee (NACC): recommendations on bleeding and coagulation management in neurostimulation devices. *Neuromodulation.* 2017; 20:51–62. <https://doi.org/10.1111/ner.12542>.
62. Hall R, Mazer CD. Antiplatelet drugs: a review of their pharmacology and management in the perioperative period. *Anesth Analg.* 2011; 112:292–318. <https://doi.org/10.1213/ANE.0b013e318203f38d>.
63. Meesters ML, Boer C. Cessation of antithrombotic therapy before surgery: weighing thrombosis and bleeding risks. *Neth Heart J.* 2014; 22:370–371. <https://doi.org/10.1007/s12471-014-0580-6>.
64. Szlachta-McGinn A, Mei J, Tabsh K, Afshar Y. Transverse versus vertical skin incision for planned cesarean hysterectomy: does it matter? *BMC Pregnancy Childbirth.* 2020; 20:65.
65. Wilhelmi BJ, Blackwell SJ, Phillips LG. Langer's lines: to use or not to use. *Plast Reconstr Surg.* 1999; 104:208–214.
66. Markel DC, Bergum C, Wu B, Bou-Akl T, Ren W. Does suture type influence bacterial retention and biofilm formation after irrigation in a mouse model? *Clin Orthop Relat Res.* 2019; 477:116–126.
67. Nazeer S, Shafi M. Principles of surgical technique. In: Bieber E, Sanfilippo J, Horowitz I, Shafi M, eds. *Clinical Gynecology.* Cambridge: Cambridge University Press; 2015:297–306. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139628938.022>.
68. Mangram AJ, Horan TC, Pearson ML, Silver LC, Jarvis WR. Guideline for prevention of surgical site infection, 1999. Hospital Infection Control Practices Advisory Committee. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 1999; 20:250–278.
69. Green DP. Exposure and soft-tissue dissection. *Oper Tech Sports Med.* 2011; 19:212–216.
70. Rigoard P, Luong AT, Delmotte A, et al. Multicolumn spinal cord stimulation lead implantation using an optic transligamentar minimally invasive technique. *Neurosurgery.* 2013; 73:550–553.
71. Dhall SS, Wang MY, Mummaneni PV. Clinical and radiographic comparison of mini-open transforaminal lumbar interbody fusion with open transforaminal lumbar interbody fusion in 42 patients with long-term follow-up. *J Neurosurg Spine.* 2008; 9:560–565.



72. Park Y, Ha JW. Comparison of one-level posterior lumbar interbody fusion performed with a minimally invasive approach or a traditional open approach. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007; 32:537–543.
73. Holly LT, Schwender JD, Rouben DP, Foley KT. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: indications, technique, and complications. *Neurosurg Focus*. 2006; 20:E6.
74. Park P, Foley KT. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion with reduction of spondylolisthesis: technique and outcomes after a minimum of 2 years' follow-up. *Neurosurg Focus*. 2008; 25:E16.
75. Rahman M, Summers LE, Richter B, Mimran RI, Jacob RP. Comparison of techniques for decompressive lumbar laminectomy: the minimally invasive versus the “classic” open approach. *Minim Invasive Neurosurg*. 2008; 51:100–105.
76. Schwender JD, Holly LT, Rouben DP, Foley KT. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF): technical feasibility and initial results. *J Spinal Disord Tech*. 2005;18(suppl):S1–S6.
77. Shamim M. Diathermy vs. scalpel skin incisions in general surgery: double-blind, randomized, clinical trial. *World J Surg*. 2009; 33:1594–1599.
78. Kearns SR, Connolly EM, McNally S, McNamara DA, Deasy J. Randomized clinical trial of diathermy versus scalpel incision in elective midline laparotomy. *Br J Surg*. 2001; 88:41–44.
79. Deer TR, Mekhail N, Provenzano D, et al. The appropriate use of neurostimulation: avoidance and treatment of complications of neurostimulation therapies for the treatment of chronic pain. *Neuromodulation Appropriateness Consensus Committee*. *Neuromodulation*. 2014; 17:571–597 [discussion: 597–578].
80. North RB, Kidd DH, Farrokhi F, Piantadosi SA. Spinal cord stimulation versus repeated lumbosacral spine surgery for chronic pain: a randomized, controlled trial. *Neurosurgery*. 2005; 56:98–106 [discussion: 106–107].
81. Kumar K, Taylor RS, Jacques L, et al. Spinal cord stimulation versus conventional medical management for neuropathic pain: a multicentre randomised controlled trial in patients with failed back surgery syndrome. *Pain*. 2007; 132:179–188.
82. Kemler MA, de Vet HC, Barendse GA, van den Wildenberg FA, van Kleef M. Effect of spinal cord stimulation for chronic complex regional pain syndrome Type I: five-year final follow-up of patients in a randomized controlled trial. *J Neurosurg*. 2008;108:292–298.
83. Kapural L, Yu C, Doust MW, et al. Novel 10-kHz high-frequency therapy (HF10 therapy) is superior to traditional low-frequency spinal cord stimulation for the treatment of chronic back and leg pain: the SENZA-RCT randomized controlled trial. *Anesthesiology*. 2015; 123:851–860.
84. Deer T, Slavin KV, Amirdelfan K, et al. Success using neuromodulation with BURST (SUNBURST) study: results from a prospective, randomized controlled trial using a novel burst waveform. *Neuromodulation*. 2018; 21:56–66.
85. Deer TR, Levy RM, Kramer J, et al. Dorsal root ganglion stimulation yielded higher treatment success rate for complex regional pain syndrome and causalgia at 3 and 12 months: a randomized comparative trial. *Pain*. 2017; 158:669–681.
86. De Andres J, Monsalve-Dolz V, Fabregat-Cid G, et al. Prospective, randomized blind effect-on-outcome study of conventional vs high-frequency spinal cord stimulation in patients with pain and disability due to failed back surgery syndrome. *Pain Med*. 2017; 18:2401–2421.
87. Gazelka HM, Freeman ED, Hooten WM, et al. Incidence of clinically significant percutaneous spinal cord stimulator lead migration. *Neuromodulation*. 2015; 18:123–125 [discussion: 125].
88. Kinfe TM, Schu S, Quack FJ, Wille C, Vesper J. Percutaneous implanted paddle lead for spinal cord stimulation: technical considerations and long-term followup. *Neuromodulation*. 2012; 15:402–407.
89. Mekhail NA, Mathews M, Nageeb F, Guirguis M, Mekhail MN, Cheng J. Retrospective review of 707 cases of spinal cord stimulation: indications and complications. *Pain Pract*. 2011; 11:148–153.
90. Justiz 3rd R, Bentley I. A case series review of spinal cord stimulation migration rates with a novel fixation device. *Neuromodulation*. 2014; 17:37–40.
91. Deer T, Pope J, Benyamin R, et al. Prospective, multicenter, randomized, doubleblinded, partial crossover study to assess the safety and efficacy of the novel neuromodulation system in the treatment of patients with chronic pain of peripheral nerve origin. *Neuromodulation*. 2016; 19:91–100.
92. Gilmore CA, Ilfeld BM, Rosenow JM, et al. Percutaneous 60-day peripheral nerve stimulation implant provides sustained relief of chronic pain following amputation: 12-month follow-up of a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Reg Anesth Pain Med*. 2020; 45:44–51. <https://doi.org/10.1136/rapm-2019-100937>.
93. Serra G, Marchioretto F. Occipital nerve stimulation for chronic migraine: a randomized trial. *Pain Physician*. 2012; 15:245–253.
94. Deckers K, De Smedt K, Mitchell B, et al. New therapy for refractory chronic mechanical low back pain-restorative neurostimulation to activate the lumbar multifidus: one year results of a prospective multicenter clinical trial. *Neuromodulation*. 2018; 21:48–55.
95. Chapman KB, Mogilner AY, Yang AH, et al. Lead migration and fracture rate in dorsal root ganglion stimulation using anchoring and non-anchoring techniques: a multicenter pooled data analysis. *Pain Pract*. 2021; 21:859–870. <https://doi.org/10.1111/papr.13052>.

96. Kreis PG, Fishman SM. Basic surgical skills for the operating room. In: *Spinal Cord Stimulation: Percutaneous Implantation Techniques*. Oxford University Press; 2009:95–114.
97. Hoelzer BC, Bendel MA, Deer TR, et al. Spinal cord stimulator implant infection rates and risk factors: a multicenter retrospective study. *Neuromodulation*. 2017; 20:558–562.
98. Commander SJ, Chamata E, Cox J, Dickey RM, Lee EI. Update on postsurgical scar management. *Semin Plast Surg*. 2016; 30:122–128.
99. Wu T. Plastic surgery made easy - simple techniques for closing skin defects and improving cosmetic results. *Aust Fam Physician*. 2006; 35:492–496.
100. Soballe PW, Nimbkar NV, Hayward I, Nielsen TB, Drucker WR. Electric cautery lowers the contamination threshold for infection of laparotomies. *Am J Surg*. 1998; 175:263–266.
101. Yilmaz KB, Dogan L, Nalbant H, et al. Comparing scalpel, electrocautery and ultrasonic dissector effects: the impact on wound complications and proinflammatory cytokine levels in wound fluid from mastectomy patients. *J Breast Cancer*. 2011; 14:58–63.
102. Deer TR, Lamer TJ, Pope JE, et al. The Neurostimulation Appropriateness Consensus Committee (NACC) safety guidelines for the reduction of severe neurological injury. *Neuromodulation*. 2017; 20:15–30.
103. Bedder MD, Bedder HF. Spinal cord stimulation surgical technique for the nonsurgically trained. *Neuromodulation*. 2009;12(suppl 1):1–19.
104. Essebag V, Verma A, Healey JS, et al. Clinically significant pocket hematoma increases long-term risk of device infection: BRUISE CONTROL INFECTION study. *J Am Coll Cardiol*. 2016; 67:1300–1308.
105. Hochberg J, Meyer KM, Marion MD. Suture choice and other methods of skin closure. *Surg Clin North Am*. 2009; 89:627–641.
106. Kudur MH, Pai SB, Sripathi H, Prabhu S. Sutures and suturing techniques in skin closure. *Indian J Dermatol Venereol Leprol*. 2009; 75:425–434.
107. Pahapill PA. Incidence of revision surgery in a large cohort of patients with thoracic surgical three-column paddle leads: a retrospective case review. *Neuromodulation*. 2015;18:367–375. <https://doi.org/10.1111/ner.12239>.
108. Arocho-Quinones EV, Huang CC, Ward BD, Pahapill PA. Care bundle approach to minimizing infection rates after neurosurgical implants for neuromodulation: a single-surgeon experience. *World Neurosurg*. 2019;128: e87–e97. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.04.003>.
109. Dhom J, Bloes DA, Peschel A, Hofmann UK. Bacterial adhesion to suture material in a contaminated wound model: comparison of monofilament, braided, and barbed sutures. *J Orthop Res*. 2017; 35:925–933.
110. Alfhili MA, Lee MH. Triclosan: an update on biochemical and molecular mechanisms. *Oxid Med Cell Longev*. 2019; 2019:1607304.
111. Carey DE, McNamara PJ. The impact of triclosan on the spread of antibiotic resistance in the environment. *Front Microbiol*. 2015; 5:780.
112. Ahmed I, Boulton AJ, Rizvi S, et al. The use of triclosan-coated sutures to prevent surgical site infections: a systematic review and meta-analysis of the literature. *BMJ Open*. 2019;9, e029727.
113. Rajamand S, Kakos D, Tong D, Garmo L, Soo TM. Aesthetic comparison between subcuticular suture and staple closure of anterior cervical decompression and fusion incision scars: a prospective controlled single-blinded trial. *Cureus*. 2019;11,e3996.
114. Smith TO, Sexton D, Mann C, Donell S. Sutures versus staples for skin closure in orthopaedic surgery: meta-analysis. *BMJ*. 2010;340:c1199.
115. Krishnan RJ, Crawford EJ, Syed I, Kim P, Rampersaud YR, Martin J. Is the risk of infection lower with sutures than with staples for skin closure after orthopaedic surgery? A meta-analysis of randomized trials. *Clin Orthop Relat Res*. 2019; 477:922–937.
116. Spencker S, Coban N, Koch L, Schirdewan A, Mueller D. Comparison of skin adhesive and absorbable intracutaneous suture for the implantation of cardiac rhythm devices. *Europace*. 2011; 13:416–420.
117. Azmat CE, Council M. Wound closure techniques. Accessed May 20, 2020. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470598/>
118. Chelmow D, Rodriguez EJ, Sabatini MM. Suture closure of subcutaneous fat and wound disruption after cesarean delivery: a meta-analysis. *Obstet Gynecol*. 2004; 103:974–980.
119. Aho JM, Nickerson TP, Thiels CA, Saint-Cyr M, Farley DR. Prevention of postoperative seromas with dead space obliteration: a case-control study. *Int J Surg*. 2016; 29:70–73.
120. Chibbaro S, Tacconi L. Use of skin glue versus traditional wound closure methods in brain surgery: a prospective, randomized, controlled study. *J Clin Neurosci*. 2009; 16:535–539.
121. Vidimos AT, Ammirati CT, Poblete-Lopez C. *Dermatologic Surgery: Requisites in Dermatology*. 1st ed. Saunders; 2008.
122. Robinson J, Hanke W, Siegel DM, Fratila AF, eds. *Surgery of the Skin: Procedural Dermatology*. 2nd ed. Mosby; 2010.
123. Soni A, Narula R, Kumar A, Parmar M, Sahore M, Chandel M. Comparing cyanoacrylate tissue adhesive and conventional subcuticular skin sutures for maxillofacial incisions—a prospective randomized trial considering closure time, wound morbidity, and cosmetic outcome. *J Oral Maxillofac Surg*. 2013; 71:2152.e1–2152.e8.
124. Biancari F, Tiozzo V. Staples versus sutures for closing leg wounds after vein graft harvesting for coronary artery

- bypass surgery. *Cochrane Database Syst Rev*. 2010;5:CD008057.
125. Dhivya S, Padma VV, Santhini E. Wound dressings - a review. *Biomedicine (Taipei)*. 2015; 5:22.
  126. Hutchinson JJ, Lawrence JC. Wound infection under occlusive dressings. *J Hosp Infect*. 1991; 17:83–94.
  127. Hutchinson JJ, McGuckin M. Occlusive dressings: a microbiologic and clinical review. *Am J Infect Control*. 1990; 18:257–268.
  128. Yusuf E, Bamps S, Thüer B, et al. A multidisciplinary infection control bundle to reduce the number of spinal cord stimulator infections. *Neuromodulation*. 2017;20:563–566.
  129. Dumville JC, Gray TA, Walter CJ, et al. Dressings for the prevention of surgical site infection. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016;12:CD003091.
  130. Walter CJ, Dumville JC, Sharp CA, Page T. Systematic review and meta-analysis of wound dressings in the prevention of surgical-site infections in surgical wounds healing by primary intention. *Br J Surg*. 2012; 99:1185–1194.
  131. National Institute for Health and Care Excellence (NICE). Surgical site infections: prevention and treatment. NICE Guideline. Accessed January 8, 2021. <https://www.nice.org.uk/guidance/ng125/resources/surgical-site-infections-preventionand-treatment-pdf/66141660564421>
  132. Deer TR, Provenzano DA. Recommendations for reducing infection in the practice of implanting spinal cord stimulation and intrathecal drug delivery devices: a physician's playbook. *Pain Physician*. 2013;16:E125–E128.
  133. Deer TR, Stewart CD. Complications of spinal cord stimulation: identification, treatment, and prevention. *Pain Med*. 2008;9(suppl 1):S93–S101.
  134. Degreef HJ. How to heal a wound fast. *Dermatol Clin*. 1998; 16:365–375.
  135. Mandy SH. A new primary wound dressing made of polyethylene oxide gel. *J Dermatol Surg Oncol*. 1983; 9:153–155.
  136. Barnett A, Berkowitz RL, Mills R, Vistnes LM. Comparison of synthetic adhesive moisture vapor permeable and fine mesh gauze dressings for split-thickness skin graft donor sites. *Am J Surg*. 1983; 145:379–381.
  137. Hien NT, Praver SE, Katz HI. Facilitated wound healing using transparent film dressing following Mohs micrographic surgery. *Arch Dermatol*. 1988; 124:903–906.
  138. Friedman SJ, Su WP. Management of leg ulcers with hydrocolloid occlusive dressing. *Arch Dermatol*. 1984; 120:1329–1336.
  139. Yoo JS, Ahn J, Buvanendran A, Singh K. Multimodal analgesia in pain management after spine surgery. *J Spine Surg*. 2019;5(suppl 2):S154–S159.
  140. Jouguelet-Lacoste J, La Colla L, Schilling D, Chelly JE. The use of intravenous infusion or single dose of low-dose ketamine for postoperative analgesia: a review of the current literature. *Pain Med*. 2015; 16:383–403.
  141. McNicol ED, Schumann R, Haroutounian S. A systematic review and meta-analysis of ketamine for the prevention of persistent post-surgical pain. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2014; 58:1199–1213. <https://doi.org/10.1111/aas.12377>.
  142. Cryer B, Feldman M. Cyclooxygenase-1 and cyclooxygenase-2 selectivity of widely used nonsteroidal anti-inflammatory drugs. *Am J Med*. 1998; 104:413–421. [https://doi.org/10.1016/S0002-9343\(98\)00091-6](https://doi.org/10.1016/S0002-9343(98)00091-6).
  143. Zhao-Fleming H, Hand A, Zhang K, et al. Effect of non-steroidal anti-inflammatory drugs on post-surgical complications against the backdrop of the opioid crisis. *Burns Trauma*. 2018; 6:25.
  144. Sondergaard KB, Weeke P, Wissenberg M, et al. Non-steroidal anti-inflammatory drug use is associated with increased risk of out-of-hospital cardiac arrest: a nationwide case-time-control study. *Eur Heart J Cardiovasc Pharmacother*. 2017; 3:100–107.
  145. Dowell D, Haegerich TM, Chou R. CDC guideline for prescribing opioids for chronic pain - United States, 2016. *MMWR Recomm Rep*. 2016;65:1–49. <https://doi.org/10.15585/mmwr.rr6501e1>.
  146. Mammis A, Bonsignore C, Mogilner AY. Thoracic radiculopathy following spinal cord stimulator placement: case series. *Neuromodulation*. 2013; 16:443–448. <https://doi.org/10.1111/ner.12076>.
  147. Dietvorst S, Decramer T, Lemmens R, Morlion B, Nuttin B, Theys T. Pocket pain and neuromodulation: negligible or neglected? *Neuromodulation*. 2017; 20:600–605. <https://doi.org/10.1111/ner.12637>.
  148. Mehta SH, Hoelscher CM, Sharan AD, Thalheimer S, Wu C. Implantable pulse generator site may be associated with spinal cord stimulation revision surgeries. *Neuromodulation*. Published online June 19, 2019. <https://doi.org/10.1111/ner.12976>.
  149. Bendersky D, Yampolsky C. Is spinal cord stimulation safe? A review of its complications. *World Neurosurg*. 2014;82:1359–1368. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2013.06.012>.
  150. Hayek SM, Veizi E, Hanes M. Treatment-limiting complications of percutaneous spinal cord stimulator implants: a review of eight years of experience from an academic center database. *Neuromodulation*. 2015; 18:603–608.
  151. Deer TR, Pope JE, eds. *Complications of Spinal Cord Stimulation*. 1st ed. Springer; 2016.
  152. Coffey RJ, Owens ML, Broste SK, et al. Medical practice perspective: identification and mitigation of risk factors for mortality associated with intrathecal opioids for non-cancer pain. *Pain Med*. 2010; 11:1001–1009.
  153. Follett KA, Boortz-Marx RL, Drake JM, et al. Prevention and management of intratecal drug delivery

- and spinal cord stimulation system infections. *Anesthesiology*. 2004;100:1582–1594. <https://doi.org/10.1097/00000542-200406000-00034>.
154. Yusuf E, Bamps S, Ursi JP, et al. Characteristics of infections associated with a spinal cord stimulator system. *J Infect*. 2016;73:515–517. <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2016.08.012>.
  155. Sandoe JA, Barlow G, Chambers JB, et al. Guidelines for the diagnosis, prevention and management of implantable cardiac electronic device infection. Report of a joint working party project on behalf of the British Society for Antimicrobial Chemotherapy (BSAC, host organization), British Heart Rhythm Society (BHRS), British Cardiovascular Society (BCS), British Heart Valve Society (BHVS) and British Society for Echocardiography (BSE). *J Antimicrob Chemother*. 2015; 70:325–359. <https://doi.org/10.1093/jac/dku383>.
  156. Van Zundert A. The epidural abscess: diagnosis and treatment. Highlights in Regional Anaesthesia and Pain Therapy IX. Permyner Publishing; 2000:159–162.
  157. Wetherington B, Khan TW. Epidural abscess during a spinal cord stimulator trial: a case report. *Pain Pract*. 2019; 19:57–60. <https://doi.org/10.1111/papr.12691>.
  158. Darouiche RO. Spinal epidural abscess. *N Engl J Med*. 2006;355:2012–2020. <https://doi.org/10.1056/NEJMra055111>.
  159. Sayed D, Chakravarthy K, Amirdelfan K, et al. A comprehensive practice guideline for magnetic resonance imaging compatibility in implanted neuromodulation devices. *Neuromodulation*. 2020; 23:893–911. <https://doi.org/10.1111/ner.13233>.
  160. Danner RL, Hartman BJ. Update on spinal epidural abscess: 35 cases and review of the literature. *Rev Infect Dis*. 1987; 9:265–274. <https://doi.org/10.1093/clinids/9.2.265>.
  161. Tompkins M, Panuncialman I, Lucas P, Palumbo M. Spinal epidural abscess. *J Emerg Med*. 2010; 39:384–390. <https://doi.org/10.1016/j.jemermed.2009.11.001>.
  162. Franzini A, Ferroli P, Marras C, Broggi G. Huge epidural hematoma after surgery for spinal cord stimulation. *Acta Neurochir (Wien)*. 2005; 147:565–567.
  163. Pahapill PA, Lownie SP. Conservative treatment of acute spontaneous spinal epidural hematoma. *Can J Neurol Sci*. 1998; 25:159–163.
  164. Brown MW, Yilmaz TS, Kasper EM. Iatrogenic spinal hematoma as a complication of lumbar puncture: ¿what is the risk and best management plan? *Surg Neurol Int*. 2016;7(suppl 22):S581–S589.
  165. Mortimer H. Tissue viability. Post-operative wounds: a nurse-led change in wound dressings. *Nurs Stand*. 1993; 8:56–58.
  166. Labaran L, Jain N, Puvanesarajah V, Jain A, Buchholz AL, Hassanzadeh H. A retrospective database review of the indications, complications, and incidence of subsequent spine surgery in 12,297 spinal cord stimulator patients. *Neuromodulation*. 2020; 23:634–638.
  167. Wernick B, Nahimiak P, Stawicki SP. Impaired wound healing. Accessed December 15, 2020. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482254/>
  168. Ismael H, Horst M, Farooq M, Jordon J, Patton JH, Rubinfeld IS. Adverse effects of preoperative steroid use on surgical outcomes. *Am J Surg*. 2011;201:305–308.
  169. Zhu J, Gutman G, Collins GJ, Colonna JA. Review of surgical techniques in spinal cord stimulator implantation to decrease the post-operative infection rate. *J. Spine*. 2014;4:1–12. <https://doi.org/10.4172/21657939.1000202>.
  170. Mehta SK, Breitbart EA, Berberian WS, Liporace FA, Lin SS. Bone and wound healing in the diabetic patient. *Foot Ankle Clin*. 2010; 15:411–437.
  171. Stechmiller JK. Understanding the role of nutrition and wound healing. *Nutr Clin Pract*. 2010; 25:61–68. <https://doi.org/10.1177/0884533609358997>.
  172. Silverstein P. Smoking and wound healing. *Am J Med*. 1992; 93:22S–24S.
  173. Gungor S, Aiyer R. A case of spinal cord stimulator recharging interruption in wound healing. *Neuromodulation*. 2017; 20:675–677. <https://doi.org/10.1111/ner.12631>.
  174. Fenoy AJ, Simpson Jr RK. Management of device-related wound complications in deep brain stimulation surgery. *J Neurosurg*. 2012; 116:1324–1332. <https://doi.org/10.3171/2012.1.JNS111798>.
  175. Staudt MD, Pourtaheri N, Lakin GE, Soltanian HT, Miller JP. Surgical management of deep brain stimulator scalp erosion without hardware removal. *Stereotact Funct Neurosurg*. 2017; 95:385–391.
  176. Boviatsis EJ, Kouyialis AT, Boutsikakis I, Korfiatis S, Sakas DE. Infected CNS infusion pumps. Is there a chance for treatment without removal? *Acta Neurochir (Wien)*. 2004; 146:463–467.
  177. Hester SM, Fisher JF, Lee MR, Macomson S, Vender JR. Evaluation of salvage techniques for infected baclofen pumps in pediatric patients with cerebral palsy. *J Neurosurg Pediatr*. 2012; 10:548–554.
  178. Ooi YC, Saulino M, Williams Jr KA, Sharan A. Observational analysis of successful reimplantation of explanted intrathecal drug delivery systems: a case series. *PM R*. 2011; 3:175–178.
  179. Deer TR, Russo M, Grider J, et al. The Neurostimulation Appropriateness Consensus Committee (NACC): recommendations for therapy salvage and persistent outcome optimization. *Neuromodulation*. In press.
  180. Pittelkow TP, Hagedorn JM, Bendel MA, et al. Pain medicine fellow neuromodulation surgical skill assessment tool: a pilot. *Reg Anesth Pain Med*. 2020;45: 38-43. <https://doi.org/10.1136/rapm-2019-100761>.
  181. Abd-Elseyed A, Abdallah R, Falowski S, et al. Development of an educational curriculum for spinal cord stimulation. *Neuromodulation*. 2020; 23:555–561.
  182. Falowski SM, Pope JE, Provenzano DA, et al. Implementation of the North American Neuromodulation

- Society Mentorship Program: recommendations and survey results of participants. *Neuromodulation*. 2020; 23:926–937.
183. Henderson JM, Levy RM, Bedder MD, et al. NANS training requirements for spinal cord stimulation devices: selection, implantation, and follow-up. *Neuromodulation*. 2009; 12:171–174.
  184. Gharibo C, Laux G, Forzani BR, Sellars C, Kim E, Zou S. State of the field survey: spinal cord stimulator use by academic pain medicine practices. *Pain Med*. 2014; 15:188–195.
  185. Pak DJ, Gruber J, Deer T, et al. Spinal cord stimulator education during pain fellowship: unmet training needs and factors that impact future practice. *Reg Anesth Pain Med*. 2019; 44:407–414.
  186. Hoelzer BC, Moeschler SM, Seamans DP. Using simulation and standardized patients to teach vital skills to pain medicine fellows. *Pain Med*. 2015; 16:680–691.
  187. Sachdeva AK, Flynn TC, Brigham TP, et al. Interventions to address challenges associated with the transition from residency training to independent surgical practice. *Surgery*. 2014; 155:867–882.
  188. Allen TD, Eby LT, Poteet ML, Lentz E, Lima L. Career benefits associated with mentoring for protégé: a meta-analysis. *J Appl Psychol*. 2004; 89:127–136.
  189. DaRosa DA, Zwischenberger JB, Meyerson SL, et al. A theory-based model for teaching and assessing residents in the operating room. *J Surg Educ*. 2013; 70:24–30.
  190. McCord JH, McDonald R, Sippel RS, Levenson G, Mahvi DM, Weber SM. Surgical career choices: the vital impact of mentoring. *J Surg Res*. 2009; 155:136–141.
  191. Sinclair P, Fitzgerald JE, Hornby ST, Shalhoub J. Mentorship in surgical training: current status and a needs assessment for future mentoring programs in surgery. *World J Surg*. 2015; 39:303–313.
  192. Sinclair P, Fitzgerald JE, McDermott FD, et al. Mentoring during surgical training: consensus recommendations for mentoring programmes from the Association of Surgeons in Training. *Int J Surg*. 2014; 12(suppl 3): S5–S8.
  193. Larson JL, Williams RG, Ketchum J, Boehler ML, Dunnington GL. Feasibility, reliability and validity of an operative performance rating system for evaluating surgery residents. *Surgery*. 2005; 138:640–647.
  194. George BC, Teitelbaum EN, Darosa DA, et al. Duration of faculty training needed to ensure reliable or performance ratings. *J Surg Educ*. 2013; 70:703–708.
  195. Berk RA, Berg J, Mortimer R, Walton-Moss B, Yeo TP. Measuring the effectiveness of faculty mentoring relationships. *Acad Med*. 2005; 80:66–71.
  196. Straus SE, Chatur F, Taylor MS. Issues in the mentor-mentee relationship in academic medicine: a qualitative study. *Acad Med*. 2009 January; 84:135–139.
  197. Holliday EB, Jagsi R, Thomas Jr CR, Wilson LD, Fuller CD. Standing on the shoulders of giants: results from the radiation oncology academic development and mentorship assessment project (ROADMAP). *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2014; 88:18–24.
  198. Underhill CM. The effectiveness of mentoring programs in corporate settings: a meta-analytical review of the literature. *J Vocat Behav*. 2006; 68:292–307.
  199. Quick JA, Kudav V, Doty J, et al. Surgical resident technical skill self-evaluation: increased precision with training progression. *J Surg Res*. 2017; 218:144–149.
  200. Smith BK, Finlayson SRG, Perler BA, Presson AP, Allen CM, Brooke BS. Comparison of patient outcomes among integrated residency versus fellowship-trained vascular surgeons. *Ann Surg*. Published online December 18, 2020.  
<https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000004706>.