

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
PROGRAMA DE POSGRADO EN ESPECIALIDADES MÉDICAS

PROTOCOLO DE PREVENCIÓN DE DOLOR DE MIEMBRO FANTASMA EN  
PEDIATRÍA

Trabajo Final de Graduación sometido a la consideración del comité de la Especialidad  
en Anestesiología Pediátrica para optar por el grado y título de Especialista en Anestesiología  
Pediátrica

Sustentante  
KAREN LORENA CROOKS HIMAN

2024

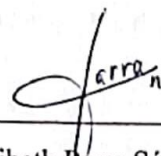
## **AGRADECIMIENTOS**

A todas las personas que me acompañaron en este camino, en especial a mi familia, amistades, profesores de posgrado. Siempre mi agradecimiento sincero.

**DEDICATORIA**

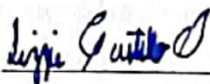
Para mi familia y amigos, todos importantes en este proceso.

“Este Trabajo Final de Graduación fue aceptado por la Subcomisión de la Especialidad en Anestesiología Pediátrica del Programa de Posgrado en Especialidades Médicas de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Especialista en Anestesiología Pediátrica”.



\_\_\_\_\_  
Dra. Floribeth Rarra Sánchez

**Coordinadora del Posgrado en Anestesiología Pediátrica**



\_\_\_\_\_  
Dra. Lizzie Castillo Solano

**Tutora de la investigación**



\_\_\_\_\_  
Dr. Martín Quiroga Gómez

**Lector de la investigación**



\_\_\_\_\_  
Karen Lorena Crooks Himan

**Sustentante**

San José, 28 de julio de 2024

Señores

Universidad de Costa Rica

Sistema de Estudios de Posgrado en Anestesiología y Recuperación Pediátrica

Estimados señores:

En mi condición de filóloga, yo Sigrid Solano Moraga, cédula 3 0410 0701, hago constar que he revisado el Trabajo Final de Graduación: Protocolo de prevención de dolor de miembro fantasma en pediatría, elaborado por Karen Crooks Himan.

La revisión abarcó los aspectos morfosintácticos, de forma, estilo, acentuación, ortografía y puntuación de acuerdo con las normas de redacción vigentes, propuestas por la Real Academia Española en el *Diccionario* (2015) y *La Ortografía* (2011).

Por lo anterior, desde la perspectiva de un adecuado uso de la lengua, este proyecto puede ser sometido a la evaluación y presentación ante el Sistema de Estudios de Posgrado en Anestesiología Pediátrica de la Universidad de Costa Rica, como trabajo final de investigación.

Atentamente,



Sigrid Solano Moraga

Carné del Colegio de Licenciados y Profesores: 86299

## ÍNDICE GENERAL

Resumen.....	VIII
Summary.....	IX
Índice de abreviaturas .....	XII
Justificación .....	13
Objetivos.....	15
<b>Objetivo general</b> .....	15
<b>Objetivos específicos</b> .....	15
Metodología .....	16
Capítulo I .....	17
Dolor de miembro fantasma.....	17
Sección I: Definición .....	17
Sección II: Fisiopatología .....	18
Capítulo II.....	20
Inervación del miembro superior .....	20
Sección I: Plexo braquial .....	24
Capítulo III.....	30
Inervación del miembro inferior .....	30
Sección I: Inervación cutánea .....	34
Capítulo IV.....	42
Anestesia Regional.....	42
Sección I: Bloqueo neuroaxial.....	42
Sección II: Bloqueo de nervios periféricos .....	44
Capítulo V.....	47
Tratamiento .....	47
Sección I.....	47
Tratamiento farmacológico .....	47
Sección II .....	51
Tratamiento no farmacológico.....	51
Capítulo VI.....	53
Evaluación del dolor .....	53
Capítulo VII .....	57

Discusión.....	57
Conclusiones.....	58
Protocolo.....	59
Referencias.....	60

## RESUMEN

El dolor de miembro fantasma (DMF) se define como una sensación álgica de una parte del cuerpo que ha sido amputada. Se describió desde 1552, cuando un cirujano francés, Ambroisie Paré, comenzó a notar dolor severo en los pacientes sometidos a la amputación de una extremidad. Presenta una incidencia elevada entre 50 a 80% o inclusive, superior.

La etiología del DMF continúa siendo desconocida. Se sabe que existe un origen espinal, supraespinal y periférico. Por ende, se encuentra una serie de intervenciones multidisciplinarias con el fin de reducir su aparición, como la anestesia regional y neuroaxial, además, de manejo farmacológico y no farmacológico.

Desde la especialidad de la anestesiología pediátrica, dichas intervenciones ameritan comunicación con el médico tratante acerca de la cirugía por realizar, medicación previa a la operación, comprensión de la inervación comprometida, con el propósito de brindar la mejor opción perioperatoria combinada analgésica.

**Palabras clave:** dolor de miembro fantasma, analgesia perioperatoria, anestesiología pediátrica, anestesia regional, manejo del dolor, dolor neuropático en pediatría.

## SUMMARY

Phantom Limb Pain (PLP) is defined as an aching sensation from a body part that has been amputated. This phenomenon has been documented since 1552, when French surgeon Ambroise Paré observed severe pain in patients undergoing limb amputations. The incidence of PLP is high, affecting between 50% and 80% of amputees, or even more.

The etiology of PLP remains unknown; there is a spinal, supraspinal and peripheral origin. Consequently, a range of multidisciplinary interventions has been developed to reduce its occurrence. These include regional and neuraxial anesthesia, as well as both pharmacological and non-pharmacological management strategies.

According to the pediatric anesthesiology specialty, effective PLP interventions require close communication with the treating physician. This collaboration is essential to agree on the surgical procedure to be performed, preoperative medication, and an understanding of the compromised innervation. Such coordination ensures the provision of the best combined analgesic option for perioperative care.

**Keywords:** phantom limb pain, perioperative analgesia, pediatric anesthesiology, regional anesthesia, pain management, neuropathic pain in pediatrics.

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Plexo braquial y nervios del miembro superior .....	25
Tabla 2. Nervios cutáneos del miembro inferior .....	35
Tabla 3. Premature Infant Pain Profile .....	53
Tabla 4. Escala FLACC (The Faces, Legs, Activity, Cry, and Consolability).....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Inervación segmentaria (dermatomas) del miembro superior .....	20
Figura 2. Inervación periférica (cutánea) del miembro superior .....	22
Figura 3. Plexo braquial .....	24
Figura 4. Músculos y nervios de la pared posterior del abdomen .....	32
Figura 5. Formación del nervio ciático en la pelvis.....	32
Figura 6. Recorrido de nervios y arterias en el muslo posterior .....	33
Figura 7. Inervación cutánea del miembro inferior .....	34
Figura 8. Dermatomas del miembro inferior .....	40
Figura 9. Miotomas del miembro inferior.....	41
Figura 10. Escala de dolor Wong-Baker.....	54
Figura 11. Escala de dolor de caras .....	55
Figura 12. Escala de dolor de Oucher .....	56

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ADT: antidepresivos tricíclicos

ASRA: American Society of Regional Anesthesia.

Bpm: beats per minute.

DMF: dolor del miembro fantasma.

EMTr: estimulación magnética transcraneal repetitiva.

ENET: estimulación nerviosa eléctrica transcutánea.

ESRA: European Society of Regional Anaesthesia.

FLACC: faces, legs, activity, cry, and consolability.

HNN: Hospital Nacional de Niños.

HR: heart rate.

Kg: kilogramos.

LILACS: Literatura Latinoamericana y del Caribe en Ciencias de la Salud.

NB: newborn.

NMDA: N-Metil-D-aspartato.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

PIPP: Premature infant pain profile.

PLP: phantom limb pain.

## JUSTIFICACIÓN

Para la elaboración de este Trabajo Final de Graduación de la subespecialidad de anestesiología pediátrica, se propone desarrollar una intervención multimodal analgésica, con la finalidad de reducir la probabilidad de dolor del miembro fantasma (DMF), ante un escenario electivo o no, de amputación en una extremidad superior o inferior. Lo anterior se logrará por medio de la elaboración de un protocolo con recomendaciones que contribuyan a disminuir la incidencia de síndrome de miembro fantasma.

El DMF se define como una sensación álgica de una parte del cuerpo que ha sido amputada. (Gallego et al., 2022, p. 79). Puede presentarse entre un 50 a 80% de los pacientes con una amputación e, incluso, puede llegar a manifestarse como un dolor crónico e incapacitante (Anaforoğlu et al., 2019, p. 101). Su etiología y fisiopatología aún no es claramente comprendida. Involucra complejos mecanismos centrales y periféricos. (Anaforoğlu et al., 2019, p. 101).

Se ha encontrado descripciones del DMF desde 1552, cuando un cirujano francés, Ambroisie Paré (1510-1590), comenzó a notar dolor severo en los pacientes sometidos a la amputación de una extremidad. Posteriormente, en 1872, Silas Weir Mitchell acuñó el término ‘dolor de miembro fantasma’ para caracterizar este síndrome. (Malavera et al., 2014, p. 41).

A su vez, existe la sensación de miembro fantasma, la cual se describe como indolora, sin embargo, manifiesta características neuropáticas, como quemazón, sensaciones eléctricas, hormigueo, movimiento de la extremidad o ilusiones visuales. (Gallego et al., 2022, p. 79).

Las amputaciones en la población pediátrica de nuestro país son una constante. En el Hospital Nacional de Niños (HNN), entre el 2014 al 2024 se reportaron un total de 557 amputaciones, de las cuales 237 corresponden al miembro superior y 320 a la extremidad inferior, un 92.8% a nivel de dedos de la mano, y un 74% efectuadas en ortijos, según datos suministrados por el Servicio de Registros y Estadísticas de Salud del HNN, el 30 de abril de 2024.

## HIPÓTESIS

Ante el panorama mostrado, se considera la siguiente hipótesis para este Trabajo Final de Graduación: existen intervenciones durante el periodo perioperatorio para disminuir la incidencia de síndrome de miembro fantasma en pediatría, en el Hospital Nacional de Niños, con un impacto beneficioso en la evolución postquirúrgica y durante la estancia hospitalaria de los pacientes sometidos a cirugías acompañadas de dolor severo, como la amputación de una extremidad superior o inferior. En las siguientes páginas de este estudio, nos daremos a la tarea de mostrar estas intervenciones a partir del desarrollo de un protocolo cuya finalidad es disminuir la incidencia de síndrome de miembro fantasma.

## OBJETIVOS

A continuación, establecemos los siguientes objetivos del Trabajo Final de Graduación.

### OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar un protocolo para disminuir la incidencia de síndrome de miembro fantasma.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una revisión bibliográfica sobre las técnicas de analgesia regional más recomendadas ante síndrome de miembro fantasma.
- Determinar recomendaciones en analgésicos opioides y no opioides en prevención de DMF.
- Recopilar datos sobre la incidencia de amputaciones en el Hospital Nacional de Niños.

## METODOLOGÍA

Con el fin de cumplir con los objetivos de este Trabajo Final de Graduación, se propone una investigación con enfoque cualitativo. Este enfoque “preceda a la recolección y el análisis de los datos (como en la mayoría de los estudios cuantitativos), los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de los datos.” (Sampieri, 2014, p. 7).

Ante esta premisa, nos basaremos en la técnica de revisión de literatura sobre anestesiología pediátrica de última edición. De acuerdo con Sampieri (2014), en la metodología con este enfoque, la literatura representa un papel crucial que guía y “es fundamental para el planteamiento, la definición de la teoría, las hipótesis, el diseño y demás etapas del proceso.” (p. 11).

De este modo, se realiza una búsqueda de literatura en el Sistema de Bibliotecas, Documentación e Información de artículos académicos publicados en las distintas bases de datos concernientes al ámbito médico, y enfatizando en anestesiología y pediatría, en los siguientes sitios: ClinicalKey, ScieceDirect, Embase, LILACS, American Academy of Pediatrics, Ovid, Wiley, Uptodate, entre otras, con énfasis en el manejo perioperatorio para prevenir el síndrome de miembro fantasma en pediatría. Algunas palabras clave con las que se realizaron las búsquedas de documentos son las siguientes: dolor de miembro fantasma, analgesia perioperatoria, anestesiología pediátrica, anestesia regional, manejo del dolor, dolor neuropático en pediatría.

## CAPÍTULO I

### DOLOR DE MIEMBRO FANTASMA

#### SECCIÓN I: DEFINICIÓN

El DMF se define como sensaciones dolorosas en una extremidad ausente, se clasifica como un dolor de tipo neuropático. Como se mencionó, fue descrito por un cirujano francés, Ambroise Paré en 1552, al notar que los pacientes se quejaban de dolor severo posterior a una amputación de una extremidad. En 1872, Silas Weir Mitchell acuñó el término “dolor de miembro fantasma”, para describir esta sensación. (Malavera et al., 2014, p. 41).

Puede presentarse como un dolor de corta duración, descrito como calambres dolorosos o ser constante asociado a una percepción intensa de la extremidad pérdida. Usualmente más intenso a nivel distal, tipo punzante, palpitante, ardor o con calambres. Se presenta en un 50% en las primeras 24 horas de la amputación, pero un 60 a 70% hasta un año posterior. (Malavera et al., 2014, p. 41).

El DMF compromete la calidad de la vida del paciente y la rehabilitación, su presentación clínica es variable. Sin embargo, usualmente ocurre en la tercer semana posterior a la amputación, pero se han descrito casos con presentación temprana, en los primeros 5 días de la cirugía (Cadavid et al., 2013, p. 237).

Existe una serie de factores de riesgo que aumentan la incidencia de DMF, como la intensidad del dolor previo a la amputación, con significancia estadística demostrada. Recientemente, se identificó el dolor postquirúrgico como un factor relacionado. Otras condiciones también han presentado vínculo, como la radioterapia posterior a la cirugía y la amputación de miembro inferior. (Cadavid et al., 2013, p. 237).

El estudio prospectivo de Nikolajsen et al., realizado con 56 pacientes programados para amputación de una extremidad inferior, reportó DMF en los pacientes con dolor previo a la amputación (Nikolajsen et al., 1997, p. 402). Aunque este estudio toma en cuenta la población adulta, permite confirmar un factor de riesgo importante, el cual permite llevar a cabo intervenciones previo a la cirugía.

De acuerdo con estos estudios centrados en adultos es que coincidimos con Arroyo (2006), cuando indica el DMF es de tipo neuropático y la información demográfica en niños es muy limitada. Las principales causas en la infancia son secundarias a traumatismos (síndrome regional complejo), miembro fantasma en amputaciones, lesiones de plexo braquial, dolor neuropático

secundario a neoplasias y neuromas cicatriciales, las cuales pueden ocurrir después de una gran variedad de tratamientos quirúrgicos.

Dentro de las amputaciones, la etiología más frecuente en la infancia es el origen congénito, y ocurre por diversas causas, como medicamentos, lesiones vasculares como síndrome de banda amniótica, malformaciones vasculares, factores genéticos, teratógenos prenatales. Sin embargo, la mayoría de las causas son desconocidas. (Flores et al., 2019, p. 23).

## SECCIÓN II: FISIOPATOLOGÍA

El origen del DMF es complejo y existen diferentes factores involucrados que lo provocan y que explicaremos a continuación, como factores periféricos, centrales y reorganización cortical.

### Factores periféricos

De acuerdo con Malavera (2014), uno de los factores que provocan el DFM se produce luego del sprouting, como se detalla a continuación:

Posterior a la sección de un nervio se presenta degeneración retrógrada y acortamiento de las neuronas aferentes y, como consecuencia de la lesión, edema y regeneración de los axones, fenómeno conocido en inglés como sprouting, produciendo la formación de neuromas, es decir, llevando a la formación de terminaciones ampliadas y desorganizadas de fibras tipo A y C, cuya descarga es ectópica y se aumenta durante el estímulo mecánico y químico. (Malavera et al., 2014, p. 41).

El autor agrega otra razón del DMF:

Un sitio adicional de descarga ectópica es el ganglio de la raíz dorsal, el cual se une a la actividad ectópica proveniente del neuroma del muñón y la amplifica o produce una excitación cruzada, llevando a la despolarización de neuronas vecinas. Se ha observado que durante la aplicación de agentes bloqueadores beta-adrenérgicos o durante el bloqueo quirúrgico de la actividad simpática se produce reducción del dolor, mientras con la inyección de epinefrina lo aumenta”. (Malavera et al., 2014, p. 42)

### Factores centrales

#### Plasticidad espinal

Posterior a la lesión de un nervio periférico, las neuronas del cuerno posterior de la médula espinal muestran sensibilización central, proceso que se caracteriza por presentar

potenciación a largo plazo, en el cual estímulos nociceptivos de corta duración generan potenciales postsinápticos aumentados durante un largo período de tiempo. Así mismo se presenta hiperexcitabilidad, reducción de procesos inhibitorios, cambios estructurales de las terminaciones nerviosas centrales sensoriales primarias, interneuronas y proyecciones neuronales. (Malavera et al., 2014, p. 42).

#### Reorganización cortical

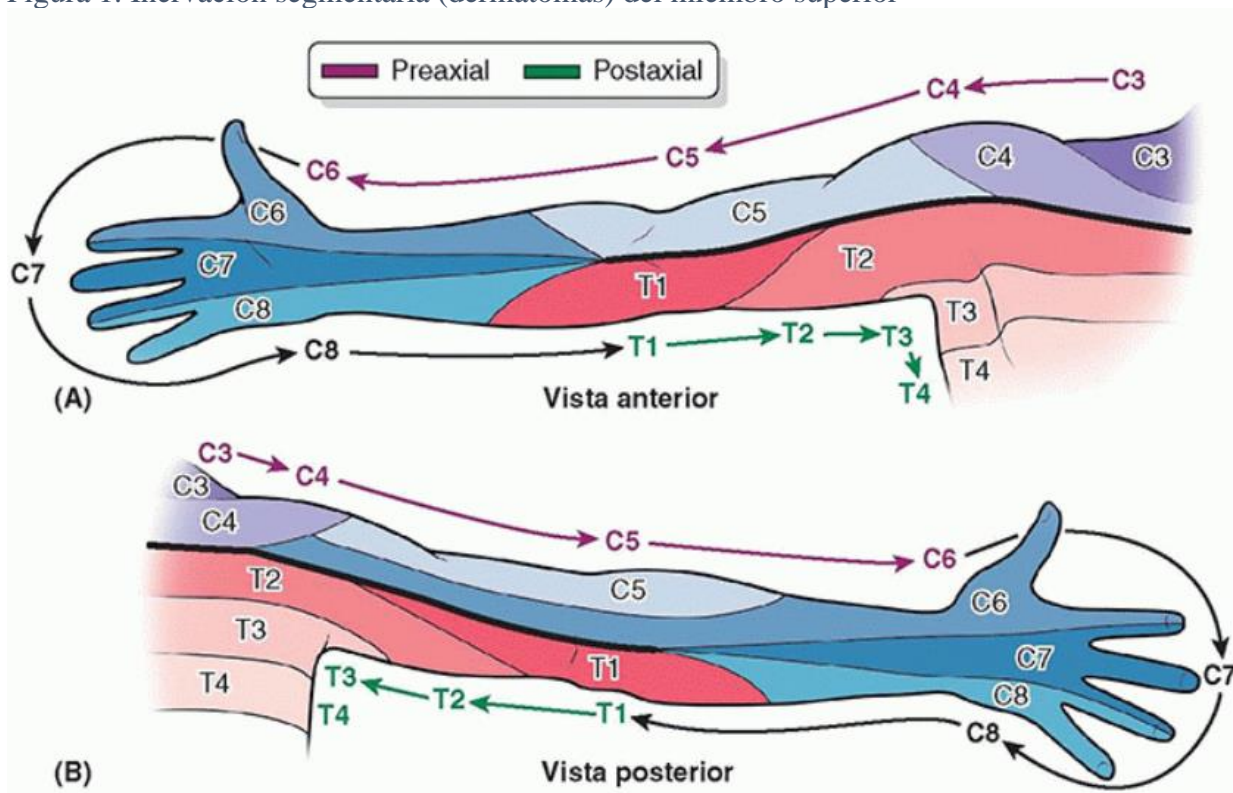
La evidencia experimental logró demostrar cambios a nivel cortical, posterior a una amputación en un mono, correspondiendo a cambios de neuroplasticidad en la corteza motora primaria y somatosensorial primaria. (Malavera et al., 2014, p. 42).

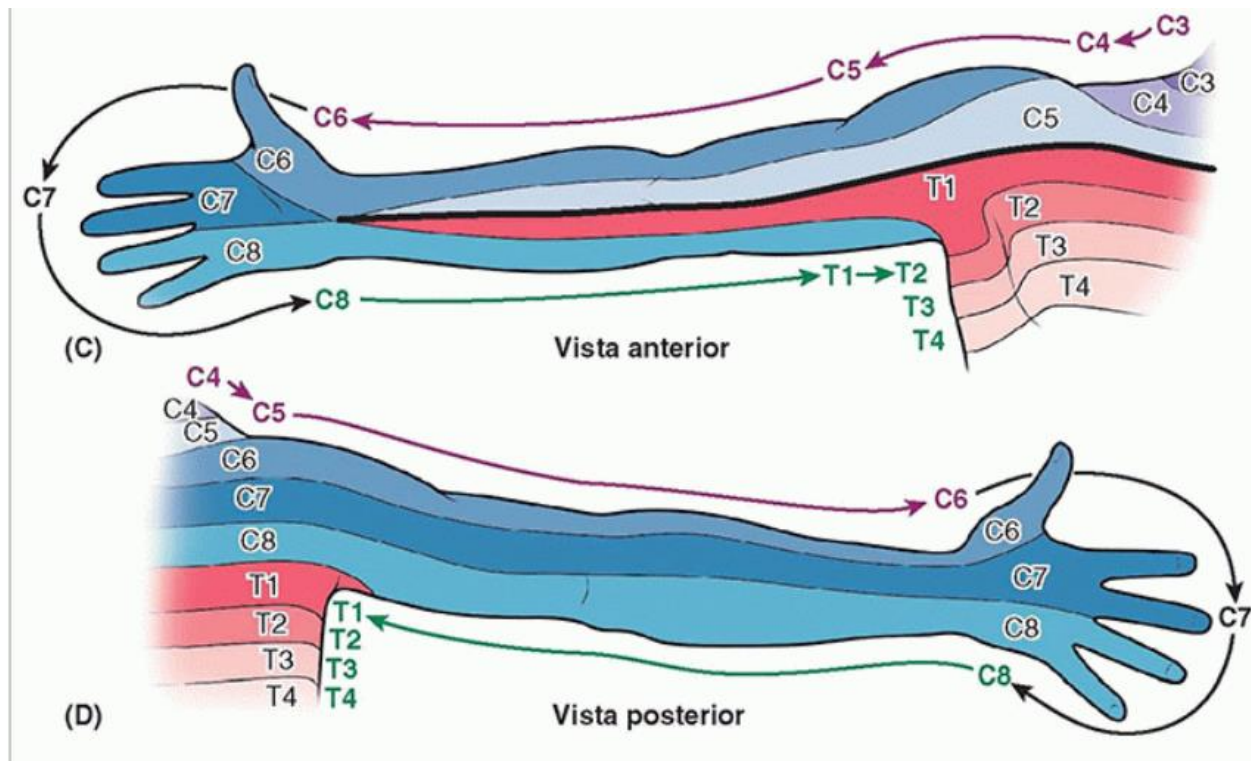
## CAPÍTULO II

## INERVACIÓN DEL MIEMBRO SUPERIOR

Los nervios cutáneos situados en el tejido subcutáneo inervan la piel del miembro superior. Hay dos mapas de dermatomas de uso común. Uno se relaciona con los conceptos de desarrollo del miembro (Keegan y Garrett, 1948), mientras que el otro se basa en los hallazgos clínicos y, en general, es el preferido por los neurólogos (Foerster, 1933). Ambos mapas son aproximaciones que perfilan los dermatomas como zonas distintas, cuando realmente los dermatomas adyacentes se suelen solapar y se producen numerosas variaciones. En ambos mapas, se observa la progresión de la inervación segmentaria (dermatomas) de las diversas áreas cutáneas alrededor del miembro. (Dalley et al., 2015)

Figura 1. Inervación segmentaria (dermatomas) del miembro superior

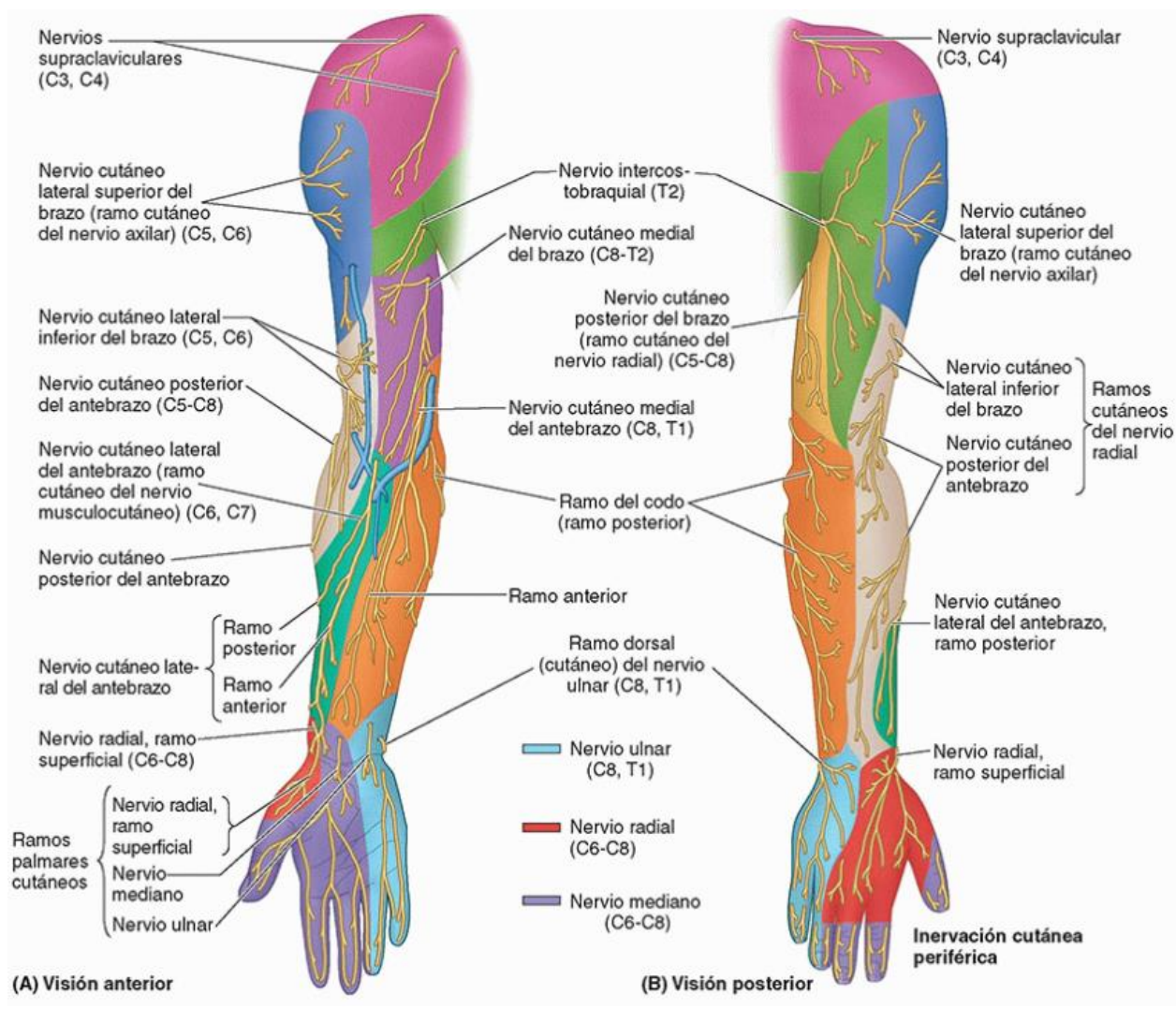




**Nota:** A y B) El patrón de inervación segmentaria (dermatomas) propuesto por Foerster (1933). C y D). El patrón de inervación segmentaria propuesto por Keegan y Garrett (1948).

Tomado de Dalley et al., 2015.

Figura 2. Inervación periférica (cutánea) del miembro superior



Nota: Tomado de Dalley et al., 2015.

La mayoría de los nervios cutáneos del miembro superior derivan del plexo braquial, una gran red nerviosa formada por los ramos anteriores de los nervios espinales C5-T1. Los nervios cutáneos del hombro derivan del plexo cervical, una red nerviosa que a su vez consta de una serie de asas nerviosas formadas por los ramos anteriores adyacentes de los cuatro primeros nervios cervicales. El plexo cervical se sitúa profundo al músculo esternocleidomastoideo en la cara lateral del cuello.

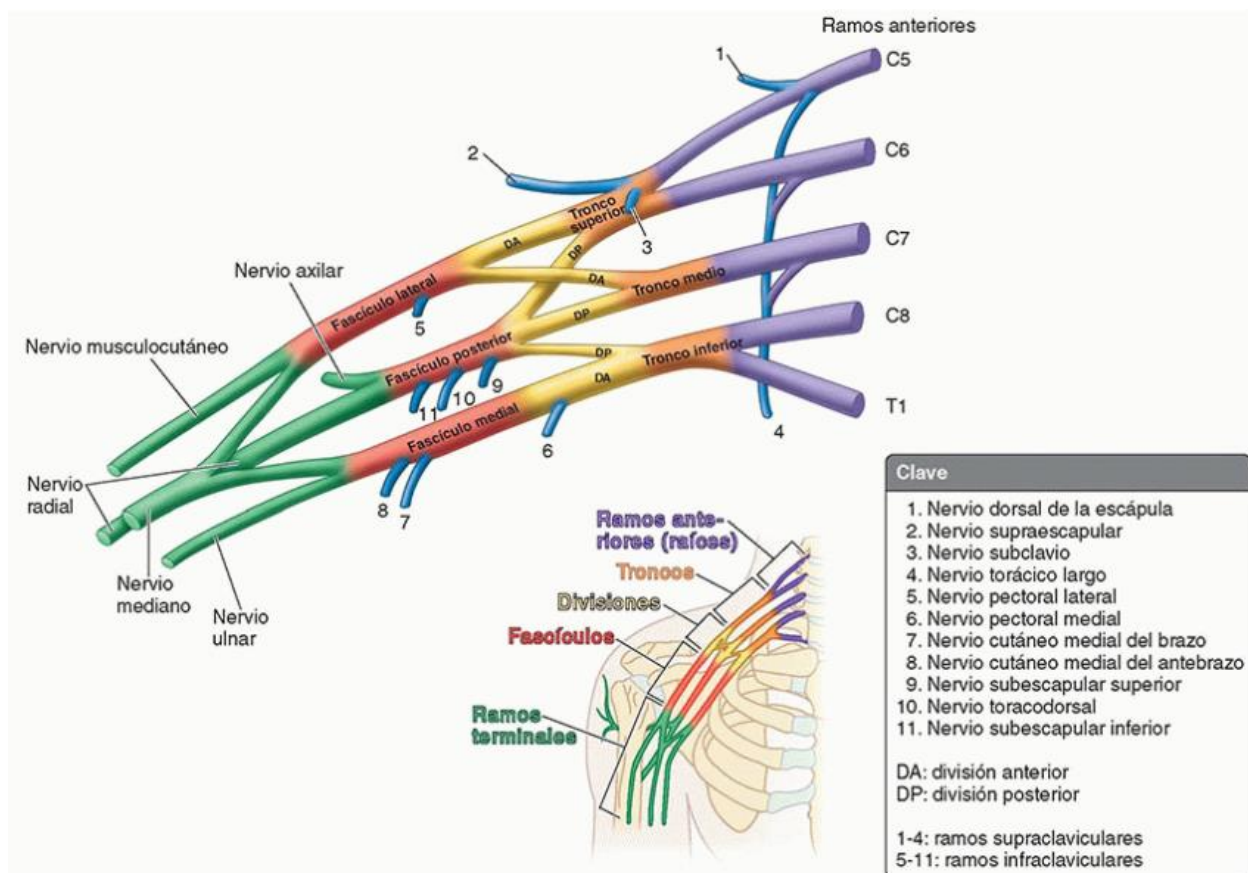
De acuerdo con Dalley et al. (2015), los nervios cutáneos del brazo y del antebrazo son los siguientes:

- Los nervios supraclaviculares (C3, C4) discurren anteriores a la clavícula, inmediatamente profundos al platisma, e inervan la piel que recubre la clavícula y la cara superolateral del pectoral mayor.
- El nervio cutáneo posterior del brazo (C5-C8), un ramo del nervio radial, inerva la piel de la cara posterior del brazo.
- El nervio cutáneo posterior del antebrazo (C5-C8), también un ramo del nervio radial, inerva la piel de la cara posterior del antebrazo.
- El nervio cutáneo lateral superior del brazo (C5, C6), el ramo terminal del nervio axilar, emerge por debajo del borde posterior del deltoides para inervar la piel de la parte inferior de este músculo y la del lado lateral de la parte media del brazo.
- El nervio cutáneo lateral inferior del brazo (C5, C6), un ramo del nervio radial, inerva la piel de la cara inferolateral del brazo; con frecuencia, es un ramo del nervio cutáneo posterior del antebrazo.
- El nervio cutáneo lateral del antebrazo (C6, C7), el ramo terminal del nervio musculocutáneo, inerva la piel del lado lateral del antebrazo.
- El nervio cutáneo medial del brazo (C8-T2) se origina en el fascículo medial del plexo braquial, y a menudo se une en la axila con el ramo cutáneo lateral del 2.º nervio intercostal. Inerva la piel del lado medial del brazo.
- El nervio intercostobraquial (T2), un ramo cutáneo lateral del 2.º nervio intercostal, también contribuye a la inervación de la piel de la cara medial del brazo.
- El nervio cutáneo medial del antebrazo (C8, T1) se origina en el fascículo medial del plexo braquial e inerva la piel de las caras anterior y medial del antebrazo.

## SECCIÓN I: PLEXO BRAQUIAL

El plexo braquial es una gran red de nervios que inerva el miembro superior. Empieza en la región cervical lateral (triángulo cervical posterior) y se extiende hacia el interior de la axila. El plexo braquial se forma por la unión de los ramos anteriores de los nervios C5-T1, que constituyen las raíces del plexo braquial. Las raíces pasan normalmente a través de la hendidura entre los músculos escalenos anterior y medio junto con la arteria subclavia. Cuando las raíces pasan entre los músculos escalenos, las fibras simpáticas transportadas por cada raíz del plexo son recibidas desde los ramos comunicantes grises de los ganglios cervicales medio e inferior. (Dalley et al., 2015).

Figura 3. Plexo braquial



Nota: Tomado de Dalley et al., 2015.

Tabla 1. Plexo braquial y nervios del miembro superior

Nervio	Origen*	Recorrido	Estructuras inervadas
Ramos supraclaviculares			
Dorsal de la escápula	Cara posterior del ramo anterior de <b>C5</b> con una contribución frecuente de C4	Atraviesa el escaleno medio; desciende profundo al elevador de la escápula y romboides	Romboides; en algunos casos, inerva el elevador de la escápula
Torácico largo	Cara posterior de los ramos anteriores de <b>C5</b> , <b>C6</b> y <b>C7</b>	Dos ramos superiores penetran el escaleno medio; pasan a través del conducto cervicoaxilar, descendiendo posterior a los ramos anteriores C8 y T1; discurre inferiormente sobre la cara superficial del serrato anterior	Serrato anterior
Supraescapular	Tronco superior, que recibe fibras de <b>C5</b> , C6 y, a menudo, C4	Discurre lateralmente, cruzando la región cervical lateral (triángulo posterior del cuello), superior al plexo braquial; luego a través de la incisura de la escápula, inferior al ligamento transverso superior de la escápula	Músculos supraespinoso e infraespinoso; articulación del hombro (glenohumeral)
Subclavio	Tronco superior, que recibe fibras	Desciende posterior a la clavícula y anterior al plexo braquial y arteria	Subclavio y articulación esternoclavicular (la

	de C5, C6 y, a menudo, C4	subclavia; a menudo, proporciona una <i>raíz accesoria al nervio frénico</i>	raíz accesoria del frénico (inerva el diafragma)
Ramos infraclaviculares			
Lateral pectoral	Ramo colateral del fascículo lateral que recibe fibras de C5, C6 y C7	Perfora la membrana costocoracoidea para alcanzar la cara profunda de los músculos pectorales; un <i>ramo comunicante para el nervio pectoral medial</i> pasa anterior a la arteria y vena axilares	Principalmente, el pectoral mayor; aunque algunas fibras nerviosas pectorales laterales pasan hacia el pectoral menor a través de un ramo del nervio pectoral medial
Musculocutáneo	Ramo terminal del fascículo lateral, que recibe fibras de C5-C7	Sale de la axila a través del coracobraquial; desciende entre el bíceps braquial y el braquial e inerva ambos; se continúa como <i>nervio cutáneo lateral del antebrazo</i>	Músculos del compartimento anterior del brazo (coracoclavicular, bíceps braquial y braquial); piel de la cara lateral del antebrazo
Mediano	La <i>raíz lateral del nervio mediano</i> es un ramo terminal del fascículo lateral (fibras de C6-C7); la <i>raíz medial del nervio mediano</i> es un ramo terminal del	Las raíces lateral y medial se unen para formar el nervio mediano, lateral a la arteria axilar; desciende a través del brazo adyacente a la arteria braquial, al tiempo que el nervio cruza gradualmente anterior a la arteria para situarse medial	Músculos del compartimento anterior del brazo (excepto el flexor ulnar del carpo y la mitad ulnar del flexor profundo de los dedos), cinco músculos intrínsecos

	fascículo medial (fibras de C8-T1)	a la arteria en la fosa del codo	en la mitad tenar de la palma y piel de la palma
Pectoral medial	Ramos colaterales del fascículo medial, que reciben fibras de C8-T1	Pasa entre la arteria y la vena axilares; luego atraviesa el pectoral menor y entra en la cara profunda del pectoral mayor; aunque se denomina medial por su origen del fascículo medial, se sitúa lateral al nervio pectoral lateral	Pectoral menor y porción esternocostal del pectoral mayor
Cutáneo medial del brazo	Ramos colaterales del fascículo medial, que reciben fibras de C8-T1	El nervio más pequeño del plexo; discurre a lo largo del lado medial de las venas axilar y braquial; se comunica con el <i>nervio intercostobraquial</i>	Piel del lado medial del brazo, distalmente hasta el epicóndilo medial del húmero y olécranon de la ulna
Cutáneo medial del antebrazo	Ramos colaterales del fascículo medial, que reciben fibras de C8-T1	Inicialmente, discurre con el nervio ulnar (con el que puede confundirse), pero atraviesa la fascia profunda con la vena basilica y entra en el tejido subcutáneo, donde se divide en ramos anterior y posterior	Piel del lado medial del antebrazo, distalmente hasta el carpo
Ulnar	Ramo terminal más grande del fascículo medial, que recibe fibras	Desciende por la cara medial del brazo; pasa posterior al epicóndilo medial del húmero; luego descende por la cara	Flexor ulnar del carpo y mitad ulnar del flexor profundo de los dedos (antebrazo); la

	de C8-T1 y, a menudo, de C7	medial del antebrazo hacia la mano	mayoría de los músculos intrínsecos de la mano; piel de la mano medial a la línea axial del 4. ° dedo
Subescapular superior	Ramo colateral del fascículo posterior, que recibe fibras de C5	Discurre posteriormente, y entra en el subescapular	Porción superior del subescapular
Subescapular inferior	Ramo colateral del fascículo posterior, que recibe fibras de C6	Discurre inferolateralmente, profundo a la arteria y vena subescapulares	Porción inferior del subescapular y redondo mayor
Toracodorsal	Ramo colateral del fascículo posterior, que recibe fibras de C6, C7, C8	Se origina entre los nervios subescapulares superior e inferior y discurre inferolateralmente a lo largo de la pared posterior de la axila hacia la porción apical del dorsal ancho	Dorsal ancho
Axilar	Ramo terminal del fascículo posterior, que recibe fibras de C5, C6	Sale posteriormente de la fosa axilar, y pasa a través del espacio cuadrangular con la arteria circunfleja humeral posterior; da origen al <i>nervio cutáneo lateral superior del brazo</i> ; luego	Articulación del hombro (glenohumeral); músculos redondo menor y deltoides; piel de la cara superolateral del brazo (por encima

		se enrolla alrededor del cuello quirúrgico del húmero profundo al deltoides	de la parte inferior del deltoides)
Radial	Ramo terminal más grande del fascículo posterior (ramo más grande del plexo), que recibe fibras de C5-T1	Sale de la fosa axilar posterior a la arteria axilar; pasa posterior al húmero en el surco del nervio radial con la arteria braquial profunda, entre las cabezas lateral y medial del tríceps braquial; perfora el tabique intermuscular lateral; entra en la fosa del codo, donde se divide en ramos <i>superficial</i> (cutáneo) y <i>profundo</i> (motor)	Todos los músculos de los compartimentos posteriores del brazo y antebrazo; piel de la cara posterior e inferolateral del brazo, cara posterior del antebrazo y dorso de la mano, lateral a la línea axial del 4. ° dedo

**Nota:** Las negritas indican el componente principal del nervio. Tomado de Dalley et al., 2015.

### CAPÍTULO III

#### INERVACIÓN DEL MIEMBRO INFERIOR

Los nervios espinales lumbares pasan desde la médula espinal a través de los forámenes (agujeros) intervertebrales, donde se dividen en ramos posterior y anterior (Dalley et al., 2015). Cada ramo contiene fibras sensitivas y motoras. Los ramos posteriores discurren posteriormente para inervar los músculos profundos del dorso y la piel del dorso, mientras que los ramos anteriores discurren inferolateralmente a través del psoas mayor para inervar la piel y los músculos de la porción inferior del tronco y el miembro inferior (Dalley et al., 2015).

Las porciones proximales de los ramos anteriores de L1-L2 o L3 dan origen a *ramos comunicantes blancos*, los cuales transportan fibras simpáticas presinápticas hacia los troncos simpáticos lumbares. Los troncos simpáticos lumbares descienden sobre las caras anterolaterales de los cuerpos de las vértebras lumbares en un surco formado por el psoas mayor (Dalley et al., 2015).

Para inervar la pared abdominal y los miembros inferiores, se establecen sinapsis en los ganglios simpáticos de los troncos simpáticos. Las fibras simpáticas postsinápticas se dirigen, a través de los *ramos comunicantes grises*, hacia los ramos anteriores. Estos se convierten en los nervios toracoabdominales y subcostales, y el plexo lumbar (nervios somáticos) y las fibras simpáticas postsinápticas acompañantes estimulan las acciones vasomotora, sudomotora y pilomotora en la distribución de estos nervios (Dalley et al., 2015).

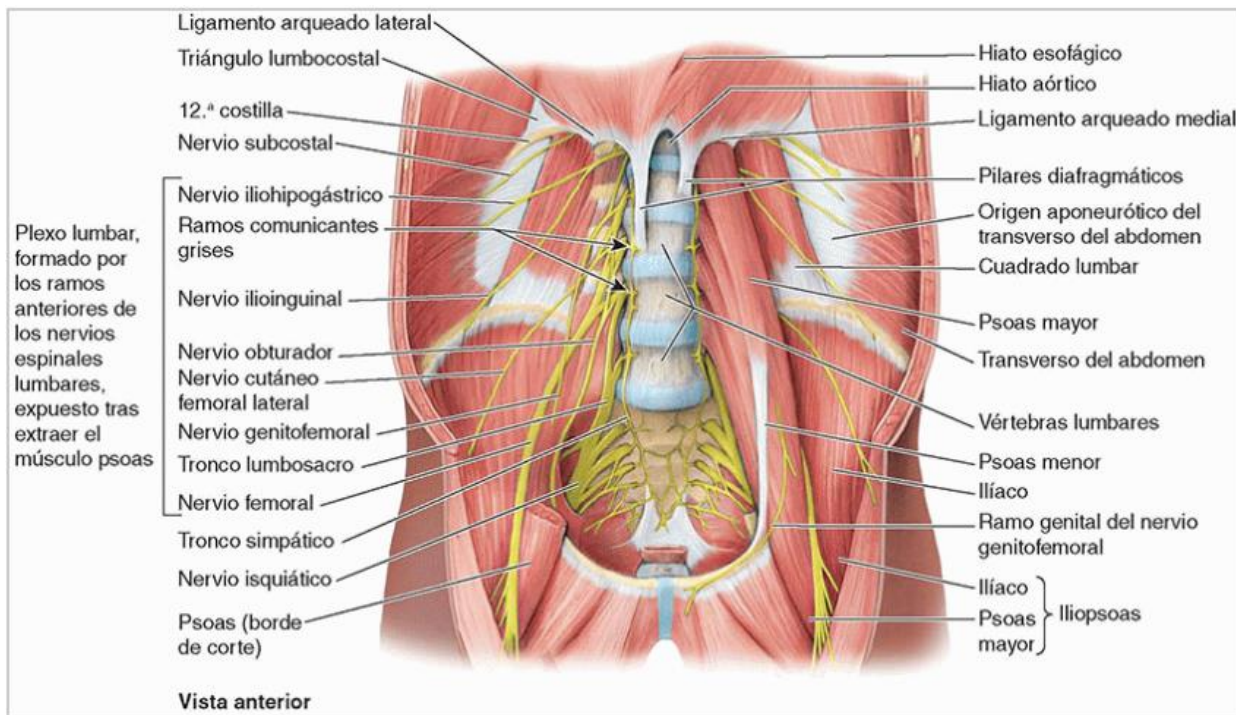
El plexo nervioso lumbar se encuentra en la porción posterior del psoas mayor, anterior a los procesos transversos de las vértebras lumbares. Esta red nerviosa está constituida por los ramos anteriores de los nervios L1-L4. Todos los ramos reciben *ramos comunicantes grises* de los troncos simpáticos (Dalley et al., 2015).

De acuerdo con Dalley et al. (2015), los siguientes nervios son ramos del plexo lumbar; los tres mayores se enumeran en primer lugar:

- El nervio obturador (L2-L4) emerge del borde medial del psoas mayor y pasa a través de la pelvis hacia la cara medial del muslo, inervando los músculos aductores.
- El nervio femoral (L2-L4) emerge del borde lateral del psoas mayor, inerva el ilíaco y pasa profundo al ligamento inguinal, hacia la parte anterior del muslo, para inervar los músculos flexores de la cadera y los extensores de la rodilla.

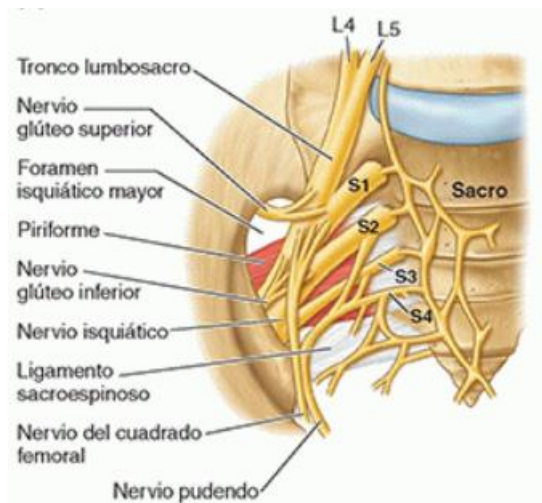
- El tronco lumbosacro (L4, L5) pasa sobre el ala del sacro y desciende hacia la pelvis para participar en la formación del plexo sacro, junto con los ramos anteriores de los nervios S1-S4.
- Los nervios ilioinguinal e iliohipogástrico (L1) se originan del ramo anterior de L1 e ingresan en el abdomen, posteriores al ligamento arqueado medial y pasan inferolateralmente, anteriores al cuadrado lumbar. Perforan el músculo transverso del abdomen cerca de la espina ilíaca anterior superior y pasan a través de los músculos oblicuos interno y externo del abdomen, para inervar los músculos abdominales y la piel de las regiones púbica e inguinal.
- El nervio genitofemoral (L1, L2) atraviesa la cara anterior del psoas mayor y discurre inferiormente sobre él, profundo a la fascia del psoas; se divide lateralmente hacia las arterias ilíacas común y externa en los ramos femoral y genital.
- El nervio cutáneo femoral lateral (L2, L3) discurre inferolateralmente sobre el músculo ilíaco y entra en el muslo posterior al ligamento inguinal, justo medial a la espina ilíaca anterior superior; inerva la piel de la cara anterolateral del muslo.
- El nervio ciático (isquiático) se origina del plexo sacro (L4-S3), abandona la pelvis a través del foramen isquiático mayor, inferior al piriforme; entra en la región glútea; desciende profundo al bíceps femoral; se bifurca en el vértice de la fosa poplítea en nervios tibial y fibular común. (Dalley et al., 2015). En la región glútea no inerva músculos; inerva todos los músculos del compartimento posterior del muslo (Dalley et al., 2015).

Figura 4. Músculos y nervios de la pared posterior del abdomen



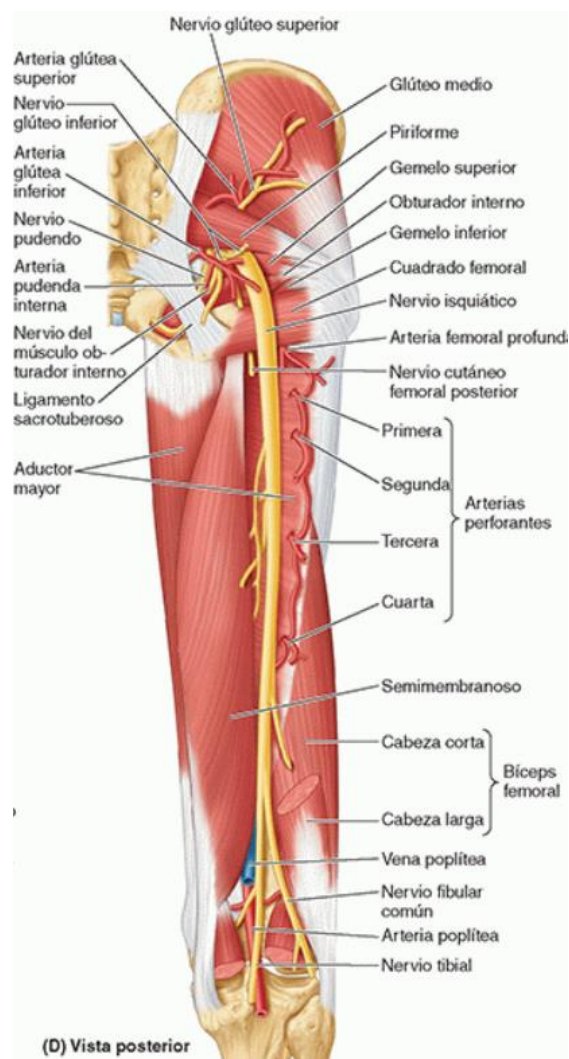
Nota: Plexo lumbosacro. Tomado de Dalley et al., 2015.

Figura 5. Formación del nervio ciático en la pelvis



Nota: Tomado de Dalley et al., 2015.

Figura 6. Recorrido de nervios y arterias en el muslo posterior



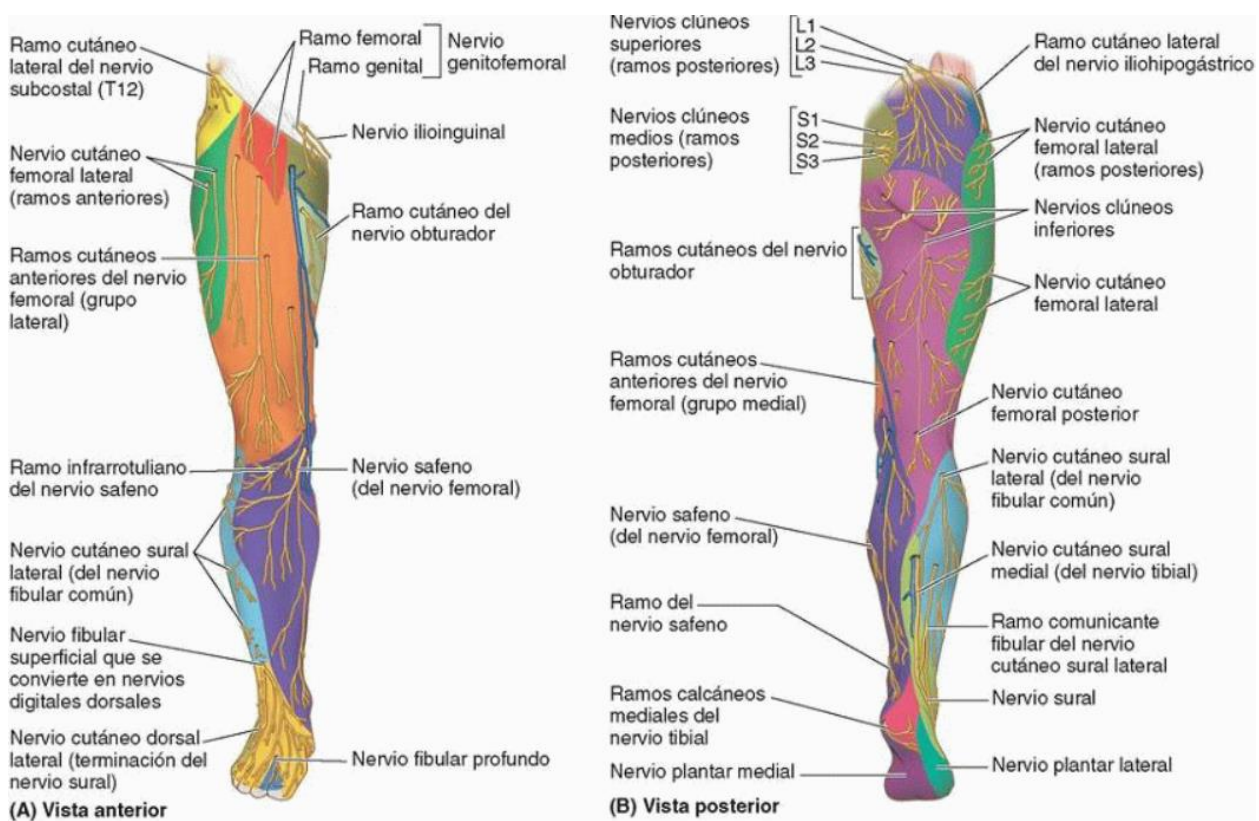
Nota: Tomado de Dalley et al., 2015.

## SECCIÓN I: INERVACIÓN CUTÁNEA

La inervación cutánea del miembro inferior se origina de los plexos lumbar y sacro, además de nervios no segmentarios de la parte proximal que se originan a partir de los nervios espinales T12 o L1. Las áreas de piel inervadas por los nervios espinales individuales, incluidos los que contribuyen a los plexos, se denominan dermatomas. (Dalley et al., 2015).

En la siguiente figura, se ilustra la inervación cutánea del miembro inferior.

Figura 7. Inervación cutánea del miembro inferior



Nota: Tomado de Dalley et al., 2015.

La siguiente tabla refiere a los nervios cutáneos del miembro inferior.

*Tabla 2. Nervios cutáneos del miembro inferior*

<b>Nervio</b>	<b>Origen (nervios espinales que contribuyen)</b>	<b>Recorrido</b>	<b>Distribución en el miembro inferior</b>
Subcostal	Ramo anterior de T12	Discurre a lo largo del borde inferior de la 12. <sup>a</sup> costilla; el ramo cutáneo lateral desciende sobre la cresta ilíaca	El ramo cutáneo lateral inerva la piel de la región de la cadera inferior a la parte anterior de la cresta ilíaca y anterior al trocánter mayor
Iliohipogástrico	Plexo lumbar (L1; en ocasiones T12)	Discurre en paralelo a la cresta ilíaca; se divide en ramos cutáneos lateral y anterior	El ramo cutáneo lateral inerva el cuadrante superolateral del glúteo
Ilioinguinal	Plexo lumbar (L1; en ocasiones T12)	Pasa a través del conducto inguinal, se divide en ramos femoral y escrotal o labial	El ramo femoral inerva la piel situada sobre la parte medial del triángulo femoral
Genitofemoral	Plexo lumbar (L1-L2)	Desciende por la cara anterior del psoas mayor; se divide en ramos genital y femoral	El ramo femoral inerva la piel sobre la parte lateral del triángulo femoral; el ramo genital inerva la parte anterior del escroto o los labios mayores de la vulva

Nervio cutáneo femoral lateral	Plexo lumbar (L2-L3)	Pasa en profundidad respecto al ligamento inguinal, 2-3 cm medial a la espina ilíaca anterior superior	Inerva la piel sobre las caras anterior y lateral del muslo
Ramos cutáneos anteriores	Plexo lumbar a través del nervio femoral (L2-L4)	Se originan en el triángulo femoral; atraviesan la fascia lata a lo largo del recorrido del músculo sartorio	Inervan la piel de las partes medial y anterior del muslo
Ramo cutáneo del nervio obturador	Plexo lumbar a través del nervio obturador, ramo anterior (L2-L4)	Siguiendo su descenso entre el aductor largo y el corto, la división anterior del nervio obturador atraviesa la fascia lata para alcanzar la piel del muslo	Piel de la parte media de la cara medial del muslo
Nervio cutáneo femoral posterior	Plexo sacro (S1-S3)	Penetra en la región glútea a través del foramen isquiático mayor, inferior al piriforme, en profundidad respecto al glúteo mayor; desciende, a continuación,	Los ramos terminales atraviesan la fascia lata para inervar la piel de la cara posterior del muslo y la fosa poplíteica

		profundo respecto a la fascia lata	
Nervio safeno	Plexo lumbar, a través del nervio femoral (L3-L4)	Atraviesa el conducto aductor, pero no pasa por el hiato del aductor; cruza el lado medial de la rodilla profundo respecto al tendón del sartorio	Inerva la piel del lado medial de la pierna y el pie
Nervio fibular superficial	Nervio fibular común (L4-S1)	Discurre a través del compartimento lateral de la pierna; tras inervar los músculos fibulares, perfora la fascia profunda de la pierna	Inerva la piel de la cara anterolateral de la pierna y el dorso del pie, excepto la membrana entre el primer y segundo dedo
Nervio fibular profundo	Nervio fibular común (L5)	Tras inervar los músculos del dorso del pie, atraviesa la fascia profunda superior a las cabezas de los metatarsianos 1° y 2°	Inerva la piel de la membrana entre el primer y segundo dedo
Nervio sural	Nervios tibial y fibular común (S1-S2)	El ramo cutáneo sural medial del nervio tibial y el ramo cutáneo sural lateral del nervio fibular común se fusionan en varios	Inerva la piel de la cara posterolateral de la pierna y el borde lateral del pie

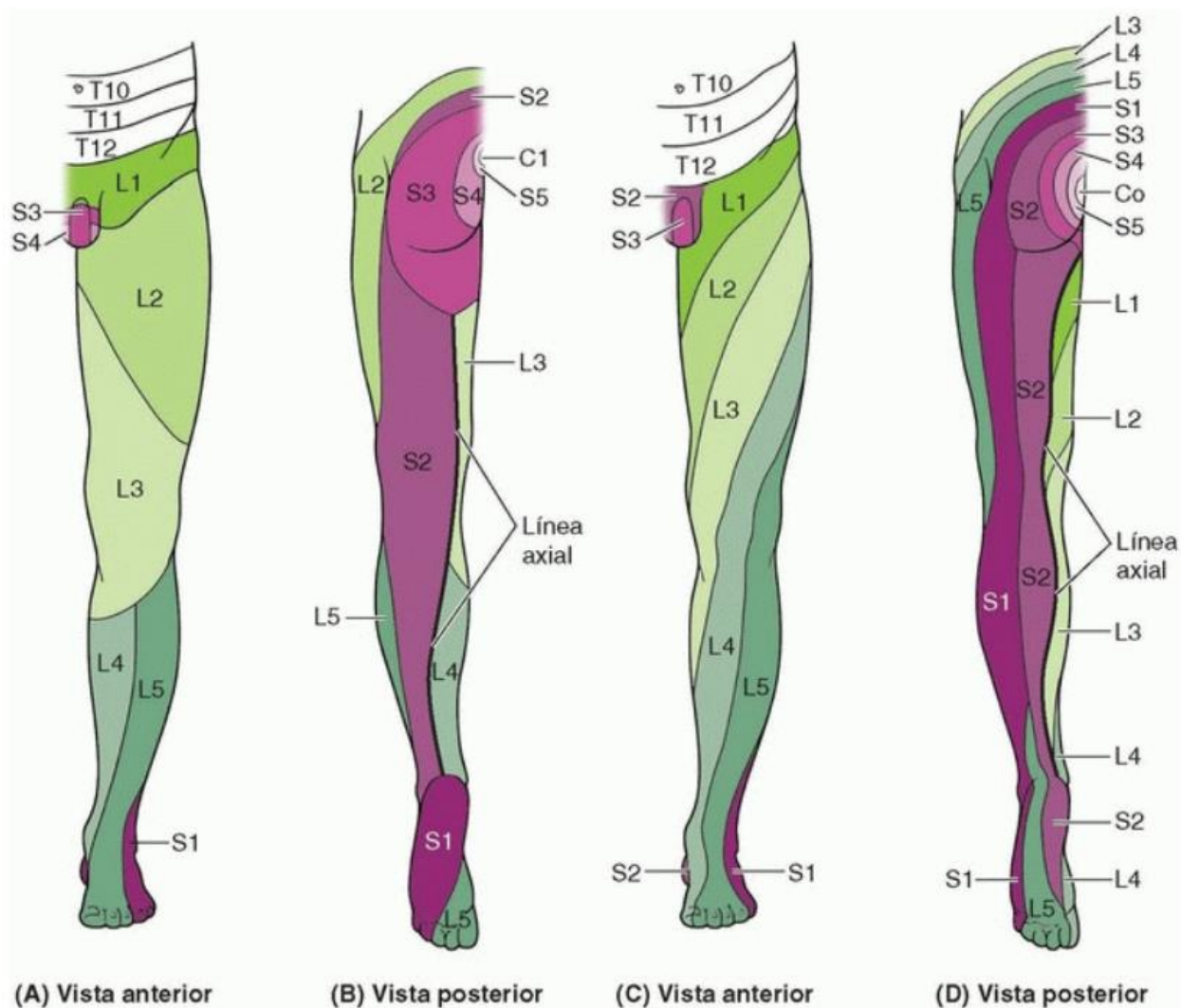
		niveles de la cara posterior de la pierna	
Nervio plantar medial	Nervio tibial (L4-L5)	Pasa entre las capas primera y segunda de músculos plantares y, a continuación, entre los músculos medial y medio de la primera capa	Inerva la piel del lado medial de la planta del pie, y la cara plantar, los lados y los lechos ungueales de los 3 dedos y medio mediales
Nervio plantar lateral	Nervio tibial (S1-S2)	Pasa entre las capas primera y segunda de músculos plantares; a continuación, entre los músculos medio y lateral de la primera capa	Inerva la piel de la parte lateral de la planta del pie, y la cara plantar, los lados y los lechos ungueales del dedo y medio laterales
Nervios calcáneos	Nervios tibial y sural (S1-S2)	Ramos lateral y medial de los nervios tibial y sural, respectivamente, sobre la tuberosidad del calcáneo	Inervan la piel del talón
Nervios clúneos superiores	Ramos posteriores de L1-L3	Atraviesan la fascia toracodorsal; discurren lateral e inferiormente en el tejido subcutáneo	Inervan la piel sobre las partes superior y central del glúteo
Nervios clúneos medios	Ramos posteriores de S1-S3	Emergen por los forámenes sacros dorsales; entran directamente por	Inervan la piel de la cara medial del glúteo y la hendidura interglútea.

		encima del tejido subcutáneo	
Nervios clúneos inferiores	Nervio cutáneo femoral posterior (S2-S3)	Se originan en profundidad respecto al músculo glúteo mayor, emergiendo por debajo del borde inferior del músculo	Inervan la piel de la cara inferior del glúteo (sobre el pliegue glúteo)

Nota: Tomado de Dalley et al., 2015.

El patrón segmentario, o por dermatomas, de distribución de las fibras nerviosas sensitivas persiste a pesar de la fusión de nervios espinales en la formación de plexos durante el desarrollo. Suelen utilizarse dos mapas diferentes de dermatomas. Muchos prefieren el patrón de dermatomas del miembro inferior de Foerster (1933), por su relación con los signos clínicos (Ver figura A y B). Otros prefieren el patrón de dermatomas de Keegan y Garrett (1948) (Ver figura C y D), por su uniformidad estética y su evidente relación con el desarrollo. Aunque se representan como zonas delimitadas, los dermatomas se superponen de manera considerable, excepto a lo largo de la línea axial (Dalley et al., 2015).

Figura 8. Dermatomas del miembro inferior

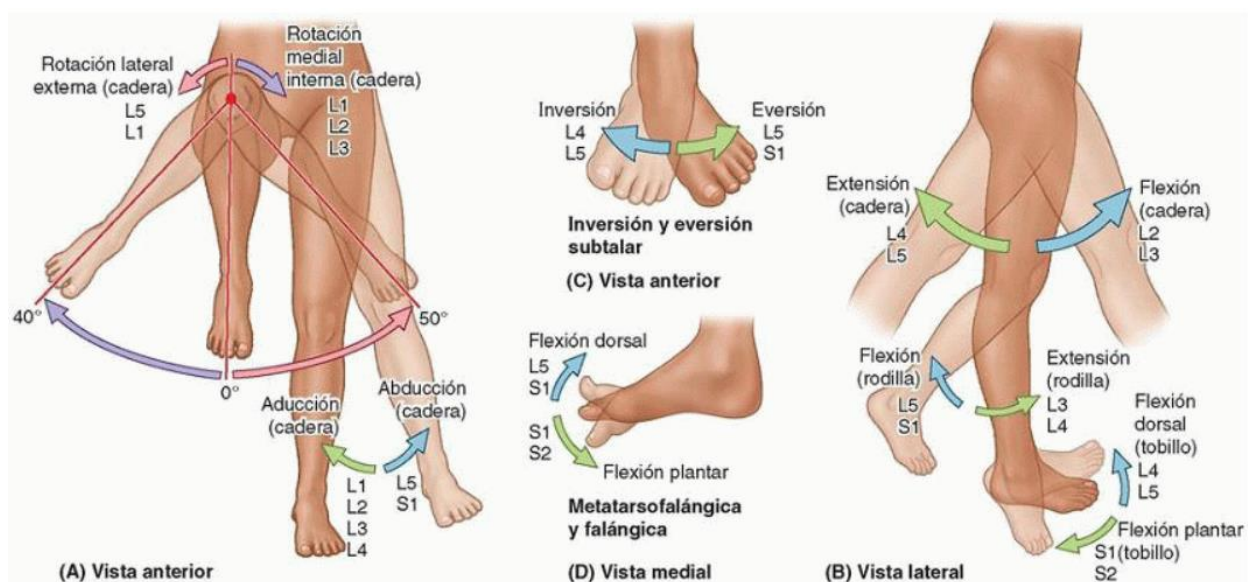


Nota: Tomado de Dalley et al., 2015.

## SECCIÓN II: INERVACIÓN MOTORA

Las fibras motoras somáticas (eferentes somáticas generales) viajan en los mismos nervios periféricos mixtos, conducen fibras sensitivas a los nervios cutáneos y transmiten impulsos a los músculos del miembro inferior. La masa muscular embrionaria, unilateral inervada por un solo segmento de médula espinal o nervio espinal, constituye un *miotoma*. Los músculos del miembro inferior suelen recibir fibras motoras de varios segmentos o nervios espinales. Así, la mayoría de los músculos están compuestos por más de un miotoma, y con mayor frecuencia intervienen múltiples segmentos de la médula espinal en la producción del movimiento del miembro inferior. (Dalley et al., 2015).

Figura 9. Miotomas del miembro inferior



Nota: Tomado de Dalley et al., 2015.

## CAPÍTULO IV

### ANESTESIA REGIONAL

La anestesia regional pediátrica ha demostrado su seguridad y eficacia en este grupo etario en los últimos años, aún la necesidad de anestesia general o sedación para poder llevar a cabo la técnica regional de forma fácil, segura y efectiva. Además, con ayuda de la sonografía, conocimientos en sonoanatomía, cada vez se obtienen mejores resultados.

#### SECCIÓN I: BLOQUEO NEUROXIAL

En pediatría, con frecuencia se utilizan bloqueos neuroaxiales como complemento de una técnica analgésica multimodal, entre estos se encuentran el bloqueo caudal, epidural y espinal. De ellos, el bloqueo epidural continuo representa una posibilidad segura analgésica en prevención del DMF en miembros inferiores.

##### *Bloqueo epidural continuo*

El bloqueo epidural continuo generalmente amerita anestesia general o, al menos, sedación para ser ejecutado. Para ello, es muy importante mantener una técnica de asepsia y antisepsia adecuada, elegir el equipo de epidural acorde con la edad del paciente. De este modo, se recomienda utilizar una aguja Tuohy 19 G, de 5cm de largo con un catéter de 21G en menores de 4 años, mientras que, en mayores de 4 años, una aguja Tuohy 18 G, de 10 cm de largo, con un catéter de 20G. (Andropoulos et al., 2020, pp. 454 -456).

El catéter epidural debe ingresar con la mínima resistencia, la punta requiere permanecer lo más cerca posible de los nervios espinales, según el sitio quirúrgico. De acuerdo con Andropoulos (2020), es recomendable introducir el catéter 2 a 4 cm en el espacio epidural, medido desde el final de la aguja Tuohy. Seguidamente, se debe realizar la punción en los espacios intervertebrales L3-L4 o L4-L5, acción que disminuye el riesgo de trauma espinal.

Al llevar a cabo el bloqueo epidural continuo como técnica analgésica en prevención del DMF, es importante valorar cada paciente de forma individual para determinar, según el sitio de amputación los dermatomas comprometidos, con el fin de colocar la punta del catéter epidural en los nervios espinales de interés. Incluso, se puede realizar esta acción con ayuda de una guía sonográfica.

Andropoulos (2020) propone que, como anestésicos locales, se puede utilizar levobupivacaína/bupivacaína 0.25% o ropivacaína 0.2%, con una dosis epidural lumbar de carga de 0.5 mL/kg, durante intraoperatorio, con una dosis de refuerzo de 0.25 mL/kg. En cuanto al postoperatorio, se pueden realizar infusiones continuas de levobupivacaína o bupivacaína 0.1 – 0.125%, o ropivacaína 0.1%. (pp. 454-456).

Sobre las anteriores opciones de anestésicos locales, es recomendable tener presente el riesgo de acumulación de amida con el uso de ropivacaína durante las primeras semanas de vida. (Andropoulos et al., 2020, p. 454-456). Además, en niños de 4 a 8 años el empleo de bupivacaína en infusión continua, el bloqueo motor en miembros inferiores y retención urinaria, puede generar la incapacidad de movilizar las piernas. (Andropoulos et al., 2020, p. 454-456).

La ESRA y ASRA recomiendan anestesia regional epidural pediátrica continua en lactantes y menores de 3 meses, una dosis de 0.2 mg/Kg/h. En mayores de 3 meses a 1 año, una dosis 0.3 mg/Kg/h. Niños mayores de 1 año, dosis de 0.4 mg/Kg/h. Además, respecto de la dosis de anestésico local epidural lumbar o torácico, no se debe exceder de 1.7 mg/Kg de ropivacaína, levobupivacaína o bupivacaína. (Andropoulos et al., 2020, p. 454-456).

### *Adyuvantes*

Existen adyuvantes que pueden complementar la analgesia epidural de forma efectiva. Dentro de este grupo se encuentran los opioides, como la morfina en dosis epidural de 30 a 50 mcg/Kg, la cual brinda una analgesia de hasta 12h. Otras opciones, son el fentanil en dosis de 1 a 2 mcg/Kg epidural, y sufentanil 0.5 a 0.75 mcg/Kg epidural. (Andropoulos et al., 2020, p. 454-456).

Se recomienda la infusión continua de anestésicos locales con opioides, en las siguientes dosis: fentanil 0.2 mcg/Kg/h, y el sufentanil a 0.1 mcg/Kg/h. Debe existir una evaluación de riesgo beneficio, al mejorar la analgesia, contra la alta incidencia de efectos adversos como depresión respiratoria, náuseas, vómitos, prurito y retención urinaria. (Andropoulos et al., 2020, p. 454-456).

Otros adyuvantes en analgesia regional epidural son los agonistas alfa adrenérgicos, como la clonidina, en dosis única epidural de 1-2 mcg/Kg, infusión epidural 0.08 – 0.12 mcg/Kg/h. (Andropoulos et al., 2020, p. 454-456). Otra opción adyuvante es la ketamina en dosis única epidural de 0.25 – 0.5 mg/Kg. (Andropoulos et al., 2020, p. 454-456).

Debido a los escasos estudios clínicos en población pediátrica, se utiliza referencia proveniente de investigaciones con adultos. Como el estudio prospectivo controlado de Jahangiri et al. (1994), con 24 pacientes sometidos a amputación del miembro inferior, el grupo de estudio (n=13), recibió analgesia epidural con bupivacaína, clonidina y diamorfina, durante 24 a 48 horas previo a la cirugía, y 3 días en el postquirúrgico. Mientras que el grupo control (n=11) recibió analgesia con opioides a demanda.

En dicho estudio, durante el seguimiento de un año, se encontró DMF en el grupo de estudio un paciente y ocho pacientes en el grupo control (p=0.002). Asimismo, se encontró sensación fantasma en dos pacientes del grupo de estudio y ocho pacientes del grupo control (p=0.05), sin mejorías en el dolor del muñón. Por ende, Jahangiri et al. concluyen que la analgesia epidural con bupivacaína, clonidina y diamorfina es segura y efectiva en reducir la incidencia de DMF luego de una amputación.

Otra investigación en población adulta no aleatorizada, desarrollada por Schug et al. (1995), con 23 pacientes divididos en tres grupos, un grupo (n=8) recibió analgesia epidural con bupivacaína y fentanil 24 horas antes de la cirugía y al menos 48 horas después de la operación. Otro grupo (n=7) recibió anestesia epidural con infusión de bupivacaína y fentanil epidural en el postquirúrgico. El tercer grupo (n=8) fue manejado con anestesia general y analgesia sistémica. Luego de un año de seguimiento, la incidencia de DMF fue menor en los pacientes con analgesia epidural pre, intra y postquirúrgico.

## SECCIÓN II: BLOQUEO DE NERVIOS PERIFÉRICOS

Ante un paciente con riesgo de desarrollar DMF, sin contraindicaciones para un bloqueo de nervios periféricos con infusión continua, se debe realizar una valoración individual, según el sitio de amputación, inervación sensitiva comprometida, con el fin de determinar el bloqueo periférico más adecuado.

### *Bloqueos periclaviculares*

Los bloqueos periclaviculares como el supraclavicular e infraclavicular son efectivos en procedimientos quirúrgicos por encima del codo hacia distal. El bloqueo supraclavicular ecoguiado se puede realizar con 0.2 a 0.3 mL/Kg de anestésico local. En el bloqueo infraclavicular ecoguiado se recomienda 0.2 mL/Kg (Andropoulos et al., 2020, p. 458-464).

### *Bloqueo axilar*

El bloqueo axilar se puede utilizar en cirugías de antebrazo y mano. Se aplica un volumen de 0.25 a 0.3 mL/Kg, sin exceder los 20 mL. Su abordaje se ve contraindicado en linfadenopatía axilar, y en casos en que la extremidad debe estar inmóvil debido a inestabilidad de la fractura o debido al dolor severo (Andropoulos et al., 2020, pp. 458-464).

### *Bloqueo femoral*

De acuerdo con Andropoulos (2020), el bloqueo del nervio femoral abarca los músculos del cuádriceps femoral, sensibilidad en la cara anterior del muslo, medial en la pierna y una pequeña región medial del pie. Por ende, está indicado su uso en cirugías por fracturas de fémur, cirugías en muslo, analgesia de la rodilla y junto al bloqueo del nervio ciático para cirugías en la pierna. Está indicado colocar un volumen 0.15 mL/Kg hasta 0.25-0.3 mL/Kg (máximo 20mL) (pp. 458-464).

### *Bloqueo ciático*

El nervio ciático provee inervación sensitiva a la cara posterior del muslo y la pierna distal a la rodilla (excepto en la región medial). Está indicado para analgesia, realizarlo luego de un trauma en la pierna y pie; igualmente cuando se presente la necesidad de un abordaje quirúrgico. Su abordaje se puede llevar a cabo en la zona subglútea, anterior o a nivel de la fosa poplítea. (Andropoulos et al., 2020, pp. 458-464).

### *Bloqueo de nervio periférico continuo*

El bloqueo continuo de nervios periféricos es justificado en dolor severo, cirugías prolongadas con necesidad de redosificación y analgesia durante varios días. Además, se coloca un catéter regional para control del dolor ante rehabilitación dolorosa o fisioterapia, cuando se requiere de un paciente aliviado, para una pronta recuperación. (Andropoulos et al., 2020, pp. 458-464).

Según las recomendaciones de ESRA y ASRA, en anestesia regional pediátrica, la infusión continua de anestésicos locales en nervios periféricos puede ser realizada de forma segura y exitosa, con ropivacaína o bupivacaína al 0.2%, en una dosis de 0.1 a 0.3 mg/kg por hora. Además,

se recomienda una dosis de 0.5 a 1.5 mg/kg de anestésico local, en los bloqueos nervios periféricos guiados por ultrasonido (Ecoffey et al., 2022, p. 31).

Los estudios publicados resaltan la eficacia y seguridad de la analgesia con un catéter periférico, sin ocasionar complicaciones, efectos adversos por infusiones continuas. Se reportan únicamente algunos accidentes por retiro inadvertido y fuga del medicamento. El catéter regional es tan efectivo como la analgesia epidural y con menos efectos adversos (Andropoulos et al., 2020, pp. 458-464).

## CAPÍTULO V

### TRATAMIENTO

El manejo del DMF consiste en un reto, “*ya que menos del 10% de los pacientes que reciben tratamiento médico obtienen alivio del dolor por un largo período de tiempo*” (Malavera et al., 2014, p. 42). Existe un abordaje farmacológico y no farmacológico para contrarrestar el dolor en estos pacientes.

### SECCIÓN I

#### TRATAMIENTO FARMACOLÓGICO

##### *Opiáceos*

De acuerdo con Malavera et al. (2014), luego de la revisión de varios artículos relacionados con miembro fantasma, existe un claro beneficio del uso de opiáceos en el control del DMF, tanto morfina vía oral como intravenosa, en fase aguda como crónica, con resultados satisfactorios.

Según Andropoulos y Gregory (2020), las dosis recomendadas de morfina oral en niños con peso menor a 50 Kg, de liberación inmediata, es 0.3 mg/Kg cada 3 a 4 horas; de liberación sostenida en niños de 20 a 35 Kg, corresponde 10 a 15mg cada 8 a 12 horas; infantes con peso entre 35 a 50kg requieren una dosis de 15 a 30mg cada 8 a 12 horas.

De acuerdo con Andropoulos y Gregory (2020), los pacientes tengan un peso mayor a los 50 kg, se debe indicar la morfina oral de la siguiente manera: a) de liberación inmediata, 15 a 20 mg cada 3 a 4 horas; b) de liberación sostenida, 30 a 45 mg cada 8 a 12 horas. Los autores indican, además, que la dosis de morfina intravenosa en menores de 50 Kg, es de un bolo 0.1 mg/Kg, cada 2 a 4 horas, con infusión de 0.03 mg/Kg/h. Los niños que cuenten con un peso mayor a los 50 Kg, requieren de una dosis de 5 a 8 mg cada 2 a 4 horas, con infusión de 1.5 mg/h.

Es importante hacer la salvedad, de acuerdo con Andropoulos y Gregory (2020) que la dosis de morfina anteriormente citadas para lactantes mayores de 6 meses, se deben reducir en un 50% en caso de menores de 6 meses de edad.

##### *Antagonistas del receptor N-Metil-D-aspartato (NMDA)*

De acuerdo con lo propuesto por Amezcua y Gálvez (2017), la mayor evidencia en el tratamiento perioperatorio consiste en el empleo de ketamina y morfina intravenosa, la morfina

oral junto con gabapentina, así como el empleo de bupivacaína tópica para terapia a medio y largo plazo.

A su vez, Andropoulos y Gregory (2020) recomiendan un régimen de dosis bajas de ketamina para prevenir la hiperalgesia postoperatoria. Se administra una dosis de carga de 0.15 a 0.30 mg/kg previo a la cirugía, seguido de una infusión continua de 0.1 a 0.3 mg/kg/h, durante 24h. Además, se puede agregar una bomba CAP (Control de la Analgesia por el Paciente), con una dosis de 1mg de ketamina por cada 1 mg de morfina. Sin embargo, estudios en niños no han demostrado beneficio de las dosis bajas de ketamina.

Según Nikolajsen et al. (1996) en un estudio doble ciego controlado, donde se compara ketamina con solución salina como placebo, once pacientes sometidos a amputaciones con infusión de ketamina, presentó disminución de la intensidad del dolor en el muñón y DMF. Con esta información, se apoya la teoría de la hiperactividad de los receptores de NMDA como origen del DMF y dolor en el muñón.

#### *Anticonvulsivantes*

Malavera et al. (2014) indica – posterior a la revisión de dos artículos aleatorizados, doble ciego, controlado con placebo, en DMF crónico – que la gabapentina no presentó significancia estadística. Sin embargo, se conoce que “la gabapentina ejerce su efecto analgésico al unirse a la subunidad  $\delta 2\alpha$  de los canales de calcio dependientes de voltaje de las neuronas del asta posterior” (Malavera et al., 2014, p. 43).

El uso de gabapentina oral en dolor neuropático en mayores de 12 años puede emplearse de acuerdo con el siguiente esquema:

- Día 1: 5 mg/kg, una vez al día (máximo de 300 mg)
- Día 2: 5 mg/kg cada 12h (máximo 300mg/dosis)
- Día 3: 5 mg/kg cada 8h (máximo 300mg/dosis).

Luego, se debe aumentar PRN, hasta un máximo de 1800 mg/día (Rivera et al., 2023, p.100)

Por otro lado, hay pocos casos reportados en DMF de otras opciones dentro de este grupo de medicamentos como la pregabalina. Mientras, con la carbamazepina, existe un solo caso reportado, con resultados negativos. No existe evidencia sólida para apoyar otros anticonvulsivantes, como el topiramato, la lamotrigina y la oxcarbamacepina, aunque han demostrado éxito en pocos casos (Malavera et al., 2014, p. 43).

Sin embargo, Nikolajsen et al. (2001), cita la carbamazepina como una droga efectiva en dolor neuropático, con un efecto no específico de bloqueo sobre los canales de sodio; además, reporta casos con resultados positivos en DMF. También, menciona efectividad con opciones como lamotrigina y gabapentina en el control de DMF.

### *Antidepresivos*

Dentro de este grupo de fármacos, los más utilizados son los antidepresivos tricíclicos (ADT), debido a que modulan el dolor a través del bloqueo de canales de calcio y sodio, la inhibición de la recaptación de monoaminas y el bloqueo del receptor NMDA. Un estudio sistemático demostró que la amitriptilina no es efectiva para tratar DMF (Malavera et al., 2014, p.44).

Sin embargo, Nikolajsen et al. (2001) mencionan los antidepresivos tricíclicos y los bloqueadores de canales de sodio, como tratamiento de elección en dolor neuropático. Varios estudios aleatorizados y controlados han demostrado el beneficio de los ADT en diferentes escenarios del dolor neuropático, en los cuales la amitriptilina ha permitido aliviar el dolor por daño del nervio.

Por otro lado, un estudio aleatorizado controlado comparó la gabapentina y la amitriptilina en 34 niños y adolescentes con dolor neuropático. En este caso, ambos medicamentos presentaron resultados similares en la disminución dolor y mejora del sueño, sin efectos secundarios (Andropoulos et al., 2020, p. 949)

Además, un estudio doble ciego controlado elaborado por Kalso et al. (1995), con 15 pacientes portadoras de cáncer de mama, con una media de 56 años, comparó la administración de amitriptilina en dosis ascendentes versus placebo, y concluye que el ADT es efectivo para disminuir el dolor neuropático en las pacientes con cáncer de mama.

Otra opción de tricíclico para dolor neuropático es la aplicación de la nortriptilina, en una dosis inicial de 0.2 mg/kg, y se titula cada 3 a 5 días. Sus efectos secundarios comunes se relacionan con efectos anticolinérgicos, incluyendo boca seca, sedación, taquicardia, constipación y retención urinaria (Andropoulos et al., 2020, p. 949).

*Anestésicos locales*

Según Malavera et al. (2014), posterior a la revisión de un estudio aleatorizado se concluye que no existe superioridad del bloqueo epidural 24 horas antes de la amputación, comparado con la infusión de anestésico perineural, en aras de prevenir el DMF (p.44).

Una investigación con ropivacaína en infusión prolongada perineural demostró ser un tratamiento efectivo contra el DMF, probablemente por prevención de la transmisión de entradas nociceptivas desde las fibras A y C, durante un período de tiempo prolongado. El tratamiento evitó el disparo espontáneo y aumentado de las terminaciones nerviosas centrales que pueden mantener la sensibilización central y los cambios permanentes estructurales en la región sináptica del cuerno posterior de la médula espinal. (Malavera et al., 2014, p. 44).

## SECCIÓN II

### TRATAMIENTO NO FARMACOLÓGICO

#### *Estimulación nerviosa eléctrica transcutánea (ENET)*

Malavera (2014) indica que la técnica de *estimulación nerviosa eléctrica transcutánea (ENET)* “consiste en un generador portátil de corrientes eléctricas que atraviesan la superficie intacta de la piel y activan fibras nerviosas. Su acción depende del tipo de fibras estimuladas, ya que si estimula fibras A $\beta$  de diámetro grande produce analgesia segmentaria (convencional), y si estimula fibras A $\delta$  de diámetro pequeño produce analgesia extra segmentaria” (p. 44). Los estudios concluyen que la ENET muestra potencial para reducir el DMF durante el reposo y movimiento.

Katz y Melzack (1991) llevaron a cabo un estudio cruzado placebo controlado, en pacientes amputados con DMF y sensación fantasma, y valoraron la respuesta a ENET aplicado en el oído externo. Este estudio fue realizado con una muestra de 28 pacientes divididos en tres grupos: uno con DMF, otro con sensación fantasma y un tercero sin DMF. Logran demostrar la efectividad de la ENET para disminuir el DMF. Sin embargo, recomiendan más estudios para determinar la amplitud y frecuencia de la terapia que deben recibir los pacientes.

La terapia con estimulación vibratoria publicado por Lundeborg (1985), en pacientes con DMF posterior a amputaciones, compara dicha terapia contra placebo en 24 pacientes. Reportó un 75% menor DMF en el grupo con estimulación vibratoria versus un 44% menor DMF en el grupo placebo. Se concluyó que la terapia tiene un resultado positivo para reducir el dolor.

#### *Terapia electroconvulsiva*

La terapia electroconvulsiva carece de estudios aleatorizados, y su mecanismo de acción no está completamente dilucidado (Malavera et al., 2014, p. 44).

#### *Terapia del espejo*

Esta opción de tratamiento fue propuesta por Ramachandran et al., en 1996. Mediante la colocación de un espejo, para imaginar el movimiento de la extremidad amputada. Con el objetivo de aumentar la reorganización e integración de la incoordinación entre la retroalimentación visual y propioceptiva. Los estudios demuestran que esta terapia podría disminuir el dolor en amputados (Malavera et al., 2014, p. 45).

Lo anteriormente citado, lo confirman Anaforoğlu et al. (2019), quienes indican que el uso de la terapia espejo de forma similar, pues esta genera una retroalimentación positiva en la corteza motora, mediante la ilusión visual de la extremidad en movimiento, lo cual bloquea el ciclo de dolor posteriormente. Además, revierte la reorganización neural en la corteza motora y sensorial, por lo que reduce efectivamente el DMF (pp. 101- 102).

Finalmente, conviene señalar el estudio llevado a cabo por Zaheer et al. (2021), quien adiciona la terapia ejecución motora del miembro fantasma, conocido como ejercicios fantasma, el cual implica ejercicios físicos reales junto con movimiento imaginario del miembro fantasma. Este demostró una significativa disminución del dolor. (p. 2).

#### *Estimulación magnética transcraneal repetitiva*

“Existe evidencia que una única sesión de estimulación magnética transcraneal repetitiva (EMTr) puede mejorar transitoriamente el dolor en pacientes con dolor neuropático crónico. La mayoría de los estudios hasta la fecha han aplicado estimulación sobre el hemisferio ipsilateral al dolor. Sin embargo, se necesitan estudios aleatorizados y controlados que permitan determinar la efectividad de esta terapia” (Malavera et al., 2014, p. 45).

## CAPÍTULO VI

## EVALUACIÓN DEL DOLOR

Como complemento importante para prevenir el DMF, debe existir una evaluación del dolor, lo cual corresponde a un reto según la edad y desarrollo del paciente, principalmente en recién nacidos y niños que aún no verbalizan. En neonatos pretérmino y de término se puede hacer uso de un perfil del dolor del lactante prematuro (en inglés: Premature Infant Pain Profile (PIPP)) (Andropoulos et al., 2020, p. 930).

*Tabla 3. Premature Infant Pain Profile*

Indicators	0	1	2	3
Gestational age in weeks	≥36 weeks	32–35 weeks and 6 days	28–31 weeks and 6 days	<28 weeks
Observe the NB for 15s alertness	Active	Quiet	Active	Quiet
	Awake	Awake	Sleep	Sleeping
	Opened eyes	Opened eyes	Closed eyes	Closed eyes
	Facial movements present	No facial movements	Facial movements present	No facial movements
Record HR and SpO <sub>2</sub>				
Maximal HR	↑ 0–4bpm	↑ 5–14bpm	↑ 15–24bpm	↑ ≥25bpm
Minimal saturation	↓ 0–2.4%	↓ 2.5–4.9%	↓ 5–7.4%	↓ ≥7.5%
Observe NB for 30s <sup>†</sup>				
Frowned forehead	Absent	Minimal	Moderate	Maximal
Eyes squeezed	Absent	Minimal	Moderate	Maximal
Nasolabial furrow	Absent	Minimal	Moderate	Maximal

Nota: bpm, beats per minute; HR, heart rate; NB, newborn. Tomado de Andropoulos et al., 2020, p. 930.

En la tabla 3, se interpreta, ausente se define como 0 a 9% del tiempo de observación; mínimo entre 10 a 39% del tiempo; moderado entre 40 a 69% del tiempo; y máximo superior al 70% del tiempo de observación (Andropoulos et al., 2020, p. 930).

Finalmente, la tabla 3, corresponde a una escala de 0 a 21 puntos, un puntaje a igual o menor a 6 y se interpreta como dolor mínimo o ausente. Una puntuación superior a 12 indicaría dolor moderado a severo (Andropoulos et al., 2020, p. 930).

También, existe una escala con aplicabilidad en lactantes y niños mayores, es rápida y versátil de utilizar. Sus siglas en inglés son FLACC, según los puntos a evaluar, es decir, la expresión facial, movimiento de las piernas, actividad, llanto y consuelo. Inclusive, se puede aplicar en niños con retraso en el desarrollo (Andropoulos et al., 2020, p. 930).

Tabla 4. Escala FLACC (*The Faces, Legs, Activity, Cry, and Consolability*)

Category	Scoring		
	0	1	2
Face	No particular expression or smile	Occasional grimace or frown, withdrawn, disinterested	Frequent to constant quivering chin, clenched jaw
Legs	Normal position or relaxed	Uneasy, restless, tense	Kicking, or legs drawn up
Activity	Lying quietly, normal position, moves easily	Squirming, shifting back and forth, tense	Arched, rigid or jerking
Cry	No cry (awake or asleep)	Moans or whimpers, occasional complaint	Crying steadily, screams or sobs, frequent complaints
Consolability	Content, relaxed	Reassured by occasional touching, hugging, or being talked to, distractable	Difficult to console or comfort

Nota: Cada variable con un puntaje de 0 a 2, la suma determina un valor de 0 a 10 (Tomado de Andropoulos et al., 2020, p. 931).

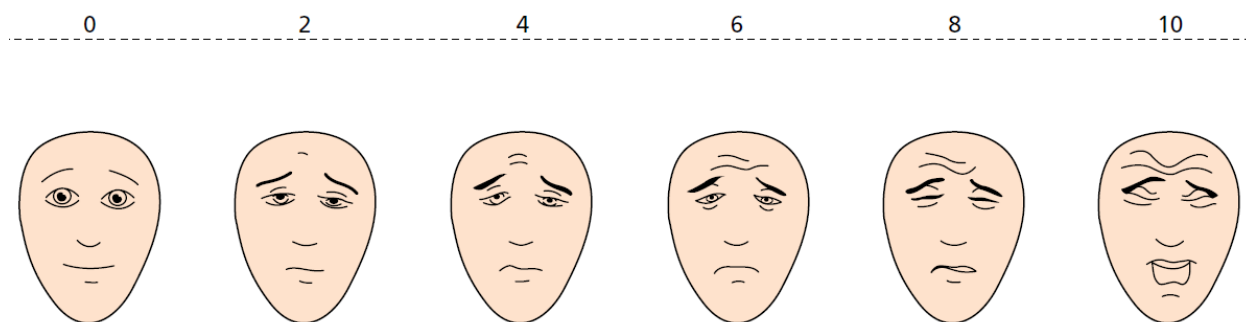
De acuerdo con Andropoulos et al. (2020), en niños de hasta 4 años, se pueda evaluar el dolor con escalas faciales, como las siguientes: Oucher, Wong–Baker, y Bieri.

Figura 10. Escala de dolor Wong-Baker



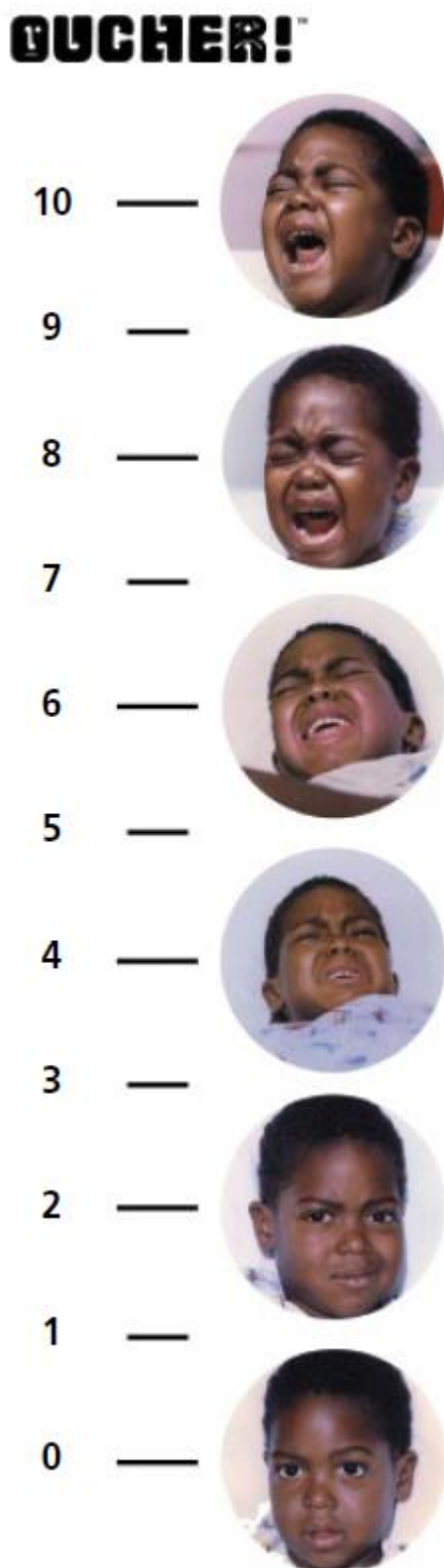
Nota: Tomado de Andropoulos et al., 2020, p. 932

Figura 11. Escala de dolor de caras



Nota: Tomado de Andropoulos et al., 2020, p. 932

Figura 12. Escala de dolor de Oucher



Nota: Tomado de Andropoulos et al., 2020, p. 931

## CAPÍTULO VII

### DISCUSIÓN

El DMF representa un reto que amerita un manejo multidisciplinario e interdisciplinario, debido a su complejidad, etiología poco clara y una fisiopatología multifactorial; por ende, es importante contar con un protocolo para su prevención, con actualización constante y recopilación de resultados e intervenciones realizadas.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) presentó por treinta años una escala para el control del dolor, pero no tiene aplicabilidad en el dolor neuropático y tampoco incluye técnicas de analgesia intervencionistas, por lo cual ha caído en desuso, según publicaciones recientes de Carvajal y Rocha (2020).

En el abordaje de un paciente con potencial riesgo de DMF, se requiere de una interconsulta al servicio de anestesiología, posteriormente debe existir comunicación cercana con los médicos tratantes, conocer el abordaje quirúrgico propuesto, una adecuada valoración preoperatoria, con énfasis en adecuado control del dolor preoperatorio para disminuir la incidencia de DMF. Además, este primer contacto con el paciente permite desarrollar un plan anestésico.

Según la bibliografía consultada, existen diversas intervenciones para manejo del dolor neuropático en pediatría, así como opciones farmacológicas y no farmacológicas. Estas opciones, han tenido intervenciones que han demostrado resultados óptimos, como la terapia espejo con “ejercicios fantasma”. Aun así, se requieren más estudios aleatorizados sobre intervenciones con medicamentos.

Dentro de la valoración preoperatoria, al completar con la técnica quirúrgica propuesta, es elemental, determinar la inervación sensitiva y motora involucrada, con el fin de utilizar la técnica analgésica regional o neuroaxial, en procura de un mayor beneficio y menor morbilidad para el paciente según cada caso, es decir, es indispensable la aplicación de un manejo individual.

## CONCLUSIONES

El DMF tiene una incidencia de hasta un 80% en pacientes, aun así, no existen en nuestro medio una recopilación estadística, lo cual puede generar un subdiagnóstico, con la falsa idea de una baja incidencia, lo que puede recaer en un abordaje ineficiente, con consecuencias como el dolor crónico y discapacitante.

Un abordaje interdisciplinario es el pilar fundamental para lograr disminuir la incidencia de DMF, de otro modo, establecer un primer contacto que procure un abordaje en conjunto con la analgesia. Debido a que nos enfrentamos ante un dolor de tipo neuropático, su control óptimo es complejo. Aunado a este panorama, se han descrito intervenciones farmacológicas y no farmacológicas con algunos resultados poco alentadores.

A pesar de ello, en anestesiología existe un abordaje con resultados prometedores, desde el ámbito de la analgesia locoregional y neuroaxial. Claro está, su éxito depende del caso clínico y técnica más adecuada para el paciente, lo cual puede verificarse con ecografía y, de este modo, reducir la posibilidad de fallo, para evitar dolor severo con las consecuencias a corto y largo plazo que con lleva el DMF.

Por lo anterior, desarrollar un protocolo con la finalidad de disminuir la incidencia de DFM corresponde a un reto, debido a los escasos estudios aleatorizados o con una muestra reducida, lo que limita sus resultados y extrapolación en general. Sin embargo, recopilar nuestros casos clínicos del Hospital Nacional de Niños, con el plan analgésico brindado, permitirá la actualización en los procedimientos y, con ello, la mejora constante.

## PROTOCOLO

Luego de la revisión de la literatura, se presenta el siguiente protocolo para disminuir la incidencia de DFM.

### *Preoperatorio*

Interconsulta al servicio de Anestesiología Pediátrica.

Valoración preoperatoria completa, con historia clínica, examen físico, analgésicos utilizados, escala de evaluación del dolor según el grupo etario.

Determinar, con médicos tratantes, la propuesta quirúrgica, con la finalidad de determinar inervación comprometida, y planificar opciones de analgesia regional o neuroaxial.

Premedicación en preanestesia.

### *Intraoperatorio*

Continuar según el plan anestésico planificado.

Según cada caso clínico, usar medicamentos como: metamizol, acetaminofén intravenoso, morfina, fentanil.

Técnica regional o neuroaxial, según la cirugía propuesta.

Uso de catéter con infusión de anestésicos locales.

### *Posoperatorio*

Visita del paciente al menos dos veces al día para valorar escala de dolor, sitio del catéter, cantidad de anestésico local disponible, funcionalidad del dispositivo y búsqueda de signos de infección.

Verificar medicación coadyuvante indicada y su tolerancia.

Descartar efectos secundarios de anestésicos locales.

En el expediente electrónico, anotar la valoración realizada, modificaciones y posible fecha de retiro del dispositivo.

## REFERENCIAS

- Anaforoğlu, B., Erbahçeci, F., y Alkan, A. (2019). A comparison of the effects of mirror therapy and phantom exercises on phantom limb pain. *Turkish Journal of Medical Sciences*. 49, 101-109. doi:10.3906/sag-1712-166
- Andropoulos, D., y Gregory, G. (2020). *Gregory's Pediatrics Anesthesia*. Wiley-Blackwell. 444-474.
- Amezcuca, V., Gálvez, F. (2017). ¿Sirven los opioides de liberación inmediata para el dolor del miembro fantasma? Caso clínico. *Revista de la Sociedad Española del Dolor*. 24(5), 269-272. doi: 10.20986/resed.2017.3579/2017
- Arroyo, M., Moreno, J., y Espinosa, J. (2006). Dolor neuropático en la infancia. Rehabilitación (Madr). *Supplement 1*, 40 (1), 39-47. [https://doi.org/10.1016/S0048-7120\(06\)75295-1](https://doi.org/10.1016/S0048-7120(06)75295-1)
- Buonocore, M. (2015). Where is hidden the ghost in phantom sensations? *World Journal of Clinical Cases*, 3 (7), 542-544.  
<https://www.wjgnet.com/2307-8960/abstract/v3/i7/542.htm>
- Cadavid, A., y Castañeda, E. (2013). Very early phantom limb pain following amputation of a lower extremity: Case report. *Revista Colombiana de Anestesiología*, 41(3): 236-239. doi: 10.1016/j.rcae.2013.05.006
- Carvajal, G., y Rocha, A. (2020). El retiro de la escalera analgésica de la OMS y sus limitaciones como estrategia para el control del dolor relacionado con cáncer. *Acta Médica Costarricense*, 62 (2): 91.  
[https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0001-60022020000200091](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-60022020000200091)
- Dalley, A., y Agur, A. (2015). *Moore Anatomía con orientación clínica*. Wolters Kluwer. Gallego, F., Romero, S., Izquierdo, J., y Sánchez, L. (2022). Dolor del miembro fantasma. *Revista Atalaya Médica*, (24), 78-84.
- Ecoffey, C., Bosenberg, A., Lonqvist, P.A., Suresh, S., Delbos, A., Ivani, G. (2022). Practice advisory on the prevention and management of complications of pediatric regional anesthesia. *Journal of Clinical Anesthesia*. 79: 1-35.
- Flores, E., García, D. Dolor fantasma en niños y jóvenes amputados congénitos: prevalencia y características clínicas. *Rehabilitación Integral*, 14 (1), 22-29.  
<https://docs.bvsalud.org/biblioref/2019/09/1015955/art4.pdf>

- Jahangiri, M., Bradley, J., Jayatunga, A., y Dark, C. (1994). Prevention of phantom pain after major lower limb amputation by epidural infusion of diamorphine, clonidine and bupivacaine. *Ann R Coll Surg Engl*, 76 (5), 324-326. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7979074/#:~:text=We%20conclude%20that%20periope,rative%20epidural,of%20phantom%20pain%20after%20amputation.>
- Kalso, E., Tasmuth, T., y Pertti, N. (1996). Amitriptyline effectively relieves neuropathic pain following treatment of breast cancer. *Pain*, 64(2), 293-302. doi: 10.1016/0304-3959(95)00138-7
- Katz, J., y Melzack, R. (1991). Auricular transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) reduces phantom limb pain. *J Pain Symptom Manage*, 6 (2):73-83. doi:10.1016/0885-3924(91)90521-5.
- Lundeberg, T. (1985). Relief of pain from a phantom limb by peripheral stimulation. *J Neurol*. 232(2): 79-82. doi: 10.1007/BF00313905.
- Malavera, M., Carrillo, S., Gomezese, O., García, R., y Silva, F. (2014). Fisiopatología y tratamiento del dolor de miembro fantasma. *Revista Colombiana de Anestesiología*. 42(1), 40-46. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rca.2013.09.012>
- Nikolajsen, L., Ilkjær, S., Krøner, K., Christensen, J., y Jensen, T. (1997). The influence of preamputation pain on postamputation stump and phantom pain. *Pain*. 72: 393-405.
- Nikolajsen, L., y Jensen, T. (2001). Phantom limb pain. *British Journal of Anaesthesia*. 87 (1): 107-116. doi:<https://doi.org/10.1093/bja/87.1.107>
- Nikolajsen, L., Hansen, C., Nielsen, J., Keller, J., Arendt-Nielsen, L., y Jensen, T. (1996). The effect of ketamine on phantom pain: a central neuropathic disorder maintained by peripheral input. *Pain*. 67(1): 69-77. doi: 10.1016/0304-3959(96)03080-1
- Rivera, R., Ramírez, S. y Rivera, D. (2023). *Terapéutica Pediátrica*. Pediatric Therapeutics Twenty-Twenty.
- Sampieri. (2014). *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill.
- Zaheer, A., Nawaz, A., Masood, T., y Fatima, S. (2021). Effects of phantom exercises on pain, mobility, and quality of life among lower limb amputees; a randomized controlled trial. *BMC Neurology*, 21(1), 416. doi: 10.1186/s12883-021-02441-z. PMID: 34706654; PMCID: PMC8554869.

Schug, S. A., Burrell, R., Payne, J., y Tester, P. (1995). Pre-emptive epidural analgesia may prevent phantom limb pain. *Regional anesthesia*, 20(3), 256-256. <https://doi.org/10.1136/rapm-00115550-199520030-00021>