



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

PROGRAMA DE POSGRADO EN ESPECIALIDADES MÉDICAS

**Impacto de la anestesia regional en pacientes cardiopatas con fracción de eyección reducida para cirugía de amputación transtibial y transfemoral de miembro inferior**

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

Dr. Javier Solera Madrigal

2025

## Hoja de Aprobación del Comité Asesor

Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Posgrado en Anestesiología y Recuperación de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Especialista en el Programa de Posgrado de Anestesiología y Recuperación.



Dr. Carlos Araya Fomeca

Médico Asistente Especialista en Medicina Interna

Director del Programa de Posgrado en Especialidades Médicas



Dra. Natalia Alvarado Eugarríos

Médico Asistente Especialista en Anestesiología y Recuperación

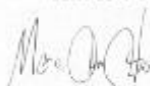
Coordinadora del Programa de Posgrado de Anestesiología y Recuperación



Dr. Enrique Arce Rodríguez

Médico Asistente Especialista en Anestesiología y Recuperación

Tutor de tesis



Dr. Marco Castro Carín

Médico Asistente Especialista en Anestesiología y Recuperación

Lector de tesis



Dr. Javier Solera Madrigal

Sustentante



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

SEP Sistema de  
Estudios de Posgrado

**Autorización para digitalización y comunicación pública de Trabajos Finales de Graduación del Sistema de Estudios de Posgrado en el Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica.**

Yo, Javier Solera Madrigal, con cédula de identidad 115700068, en mi condición de autor del TFG titulado Impacto de la anestesia regional en pacientes cardiopatas con fracción de eyección reducida para cirugía de amputación transtibial y transfemoral de miembro inferior

Autorizo a la Universidad de Costa Rica para digitalizar y hacer divulgación pública de forma gratuita de dicho TFG a través del Repositorio Institucional u otro medio electrónico, para ser puesto a disposición del público según lo que establezca el Sistema de Estudios de Posgrado. SI  NO \*

\*En caso de la negativa favor indicar el tiempo de restricción: \_\_\_\_\_ año (s).

Este Trabajo Final de Graduación será publicado en formato PDF, o en el formato que en el momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre, con el fin de permitir la consulta e impresión, pero no su modificación.

Manifiesto que mi Trabajo Final de Graduación fue debidamente subido al sistema digital Kerwá y su contenido corresponde al documento original que sirvió para la obtención de mi título, y que su información no infringe ni violenta ningún derecho a terceros. El TFG además cuenta con el visto bueno de mi Director (a) de Tesis o Tutor (a) y cumplió con lo establecido en la revisión del Formato por parte del Sistema de Estudios de Posgrado.

**INFORMACIÓN DEL ESTUDIANTE:**

Nombre Completo: Javier Solera Madrigal

Número de Carné: C19841 Número de cédula: 115700068

Correo Electrónico: javisolera17@gmail.com

Fecha: 10 de marzo del 2025 Número de teléfono: 88488886

Nombre del Director (a) de Tesis o Tutor (a): Dr. Enrique Arce Rodríguez

**FIRMA ESTUDIANTE**

Nota: El presente documento constituye una declaración jurada, cuyos alcances aseguran a la Universidad, que su contenido sea tomado como cierto. Su importancia radica en que permite abreviar procedimientos administrativos, y al mismo tiempo genera una responsabilidad legal para que quien declare contrario a la verdad de lo que manifiesta, puede como consecuencia, enfrentar un proceso penal por delito de perjurio, tipificado en el artículo 318 de nuestro Código Penal. Lo anterior implica que el estudiante se vea forzado a realizar su mayor esfuerzo para que no sólo incluya información veraz en la Licencia de Publicación, sino que también realice diligentemente la gestión de subir el documento correcto en la plataforma digital Kerwá.

# Índice

<i>Hoja de Aprobación del Comité Asesor</i> .....	<i>ii</i>
<i>Índice de Tablas</i> .....	<i>vi</i>
<i>Índice de Figuras</i> .....	<i>vi</i>
<i>Abreviaturas</i> .....	<i>x</i>
<i>Carta de aprobación del tutor</i> .....	<i>xi</i>
<i>Carta de aprobación del lector</i> .....	<i>xii</i>
<i>Carta del Filólogo</i> .....	<i>xiii</i>
<i>Resumen</i> .....	<i>xiv</i>
<i>Abstract</i> .....	<i>xiv</i>
<i>Justificación</i> .....	<i>1</i>
<i>Pregunta de investigación</i> .....	<i>3</i>
<i>Objetivos</i> .....	<i>4</i>
Objetivo general .....	<i>4</i>
Objetivos específicos.....	<i>4</i>
<i>Metodología</i> .....	<i>5</i>
<i>Marco Teórico</i> .....	<i>6</i>
<b>Capítulo 1. Insuficiencia cardiaca-IC</b> .....	<b>6</b>
1.1. Definición.....	6
1.2. Clasificación según la fracción de eyección del ventrículo izquierdo .....	8
1.3. Etiología .....	9
1.4. Fisiopatología.....	10
1.5. Cambios hemodinámicos .....	12
<b>Capítulo 2. Cirugía de amputación de miembro inferior</b> .....	<b>14</b>
2.1. Anatomía del miembro inferior .....	14

2.2. Tipos de cirugías .....	26
<b>Capítulo 3. Opciones de técnicas anestésicas para cirugía de amputación transtibial y transfemoral de miembro inferior .....</b>	<b>29</b>
3.1. Anestesia general.....	29
3.2. Anestesia neuroaxial.....	31
3.3. Anestesia regional .....	35
<b>Capítulo 4. Discusión.....</b>	<b>63</b>
4.1. Consideraciones generales .....	63
4.2. Consideraciones hemodinámicas en pacientes con ICFEr para cirugía de amputación de MI .....	63
4.3. Inervación implicada en la amputación transtibial y transfemoral del MI.....	64
<b>Capítulo 5. Conclusiones .....</b>	<b>66</b>
<b>Capítulo 6. Anexos .....</b>	<b>67</b>
6.1. Ficha Técnica .....	67
6.2. Imágenes de bloqueos regionales a utilizar para amputación transfemoral de MI .....	68
6.3. Imágenes de bloqueos regionales a utilizar para amputación transtibial de MI .....	80
<b><i>Bibliografía.....</i></b>	<b>83</b>

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Definiciones de la IC en la práctica clínica contemporánea .....	6
<b>Tabla 2.</b> Niveles de péptido natriurético que soportan la definición de IC .....	7
<b>Tabla 3.</b> Contraindicaciones para una anestesia neuroaxial .....	33

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Definición universal de insuficiencia cardiaca .....	7
<b>Figura 2.</b> Acoplamiento excitación-contracción del cardiomiocito .....	11
<b>Figura 3.</b> Esquema de los huesos del miembro inferior .....	14
<b>Figura 4.</b> Plexo lumbosacro .....	17
<b>Figura 5.</b> Nervios del miembro inferior .....	18
<b>Figura 6.</b> Distribución sensorial del nervio obturador .....	19
<b>Figura 7.</b> Distribución sensorial del nervio cutáneo femoral lateral .....	20
<b>Figura 8.</b> Distribución sensorial del nervio femoral .....	21
<b>Figura 9.</b> Distribución sensorial del nervio ciático .....	22
<b>Figura 10.</b> Distribución sensorial del nervio tibial y del nervio peroneo común .....	23
<b>Figura 11.</b> Dermatomas del miembro inferior .....	24

<b>Figura 12.</b> Osteotomas del miembro inferior .....	26
<b>Figura 13.</b> Posición del transductor en una vista oblicua transversa y la imagen ultrasonográfica correspondiente del plexo lumbar .....	36
<b>Figura 14.</b> Posición del transductor y la reproducción de la vista ultrasonográfica en trébol (shamrock) de un bloqueo de plexo lumbar .....	37
<b>Figura 15.</b> Inserción de la aguja fuera de plano del bloqueo de plexo lumbar sagital y la imagen de la anatomía ultrasonográfica respectiva .....	37
<b>Figura 16.</b> Bloqueo de plexo lumbar en vista transversa oblicua y la imagen de la anatomía ultrasonográfica respectiva .....	38
<b>Figura 17.</b> Bloqueo de plexo lumbar en vista de trébol y la imagen de la anatomía ultrasonográfica respectiva .....	39
<b>Figura 18.</b> Distribución de dermatomas, miotomas y osteotomas implicados en el bloqueo de plexo lumbar .....	39
<b>Figura 19.</b> Para un bloqueo del plexo sacro mediante un abordaje parasacro .....	40
<b>Figura 20.</b> Distribución de dermatomas, miotomas y osteotomas implicados en el bloqueo de plexo sacro .....	41
<b>Figura 21.</b> Posición del transductor sobre el pliegue femoral y la sonoanatomía del nervio femoral .....	42
<b>Figura 22.</b> Inserción de la aguja regional en plano y la anatomía ultrasonográfica correspondiente .....	42
<b>Figura 23.</b> Distribución de dermatomas, miotomas y osteotomas implicados en el bloqueo de nervio femoral .....	43
<b>Figura 24.</b> Posición del transductor y sonoanatomía del NCFL .....	44

<b>Figura 25.</b> Inserción de la aguja regional en plano y anatomía ultrasonográfica del bloqueo de NCFL .....	44
<b>Figura 26.</b> Distribución de dermatomas implicados en el bloqueo del NCFL .....	45
<b>Figura 27.</b> Inserción de la aguja regional en plano y anatomía ultrasonográfica del bloqueo del NCFP con la disposición de lo que sería anestésico local alrededor del NCFP y el nervio ciático .....	46
<b>Figura 28.</b> Distribución de dermatomas implicados en el bloqueo del NCFP .....	47
<b>Figura 29.</b> Límites ultrasonográficos del triángulo femoral y el canal de los aductores .....	48
<b>Figura 30.</b> Posición del ultrasonido con la inserción en plano de la aguja y la anatomía ultrasonográfica respectiva para el bloqueo del canal de los adductores.....	49
<b>Figura 31.</b> Distribución de dermatomas, miotomas y osteotomas implicados en el bloqueo de nervio safeno .....	50
<b>Figura 32.</b> Anatomía ultrasonográfica del nervio obturador al salir del foramen obturador, al acercarse al músculo aductor corto, y a nivel del músculo aductor corto.....	51
<b>Figura 33.</b> Bloqueo distal del nervio obturador .....	52
<b>Figura 34.</b> Bloqueo proximal del nervio obturador .....	52
<b>Figura 35.</b> Distribución de dermatomas, miotomas y osteotomas implicados en el bloqueo de nervio obturador.....	53
<b>Figura 36.</b> Sonoanatomía del nervio ciático a nivel glúteo y a nivel subglúteo .....	54
<b>Figura 37.</b> Bloqueo en plano del nervio ciático a nivel glúteo y su anatomía por ultrasonido respectiva .....	55
<b>Figura 38.</b> Bloqueo en plano del nervio ciático a nivel subglúteo y su anatomía por ultrasonido respectiva .....	56

<b>Figura 39.</b> Sonoanatomía del nervio ciático con una aproximación anterior .....	57
<b>Figura 40.</b> Distribución de dermatomas, miotomas y osteotomas implicados en el bloqueo de nervio ciático a nivel glúteo, subglúteo y anterior .....	57
<b>Figura 41.</b> Sonoanatomía del nervio ciático a nivel del pliegue poplíteo, en la división del nervio tibial y el nervio peroneo común, y a nivel proximal de la división.....	59
<b>Figura 42.</b> Bloqueo en plano del nervio ciático a nivel poplíteo y su anatomía por ultrasonido respectiva .....	60
<b>Figura 43.</b> Distribución de dermatomas, miotomas y osteotomas implicados en el bloqueo de nervio ciático poplíteo.....	60

## Abreviaturas

ACCF/AHA American College of Cardiology Foundation/American Heart Association	JCS/JHFS Japanese Circulation Society/Japanese Heart Failure Society
BNP péptido natriurético cerebral	JPH-2 junctofilina-2
DM diabetes mellitus	LAST toxicidad sistémica por anestésicos locales
EAC enfermedad arterial coronaria	MI miembro inferior
FE fracción de eyección	NCFL nervio cutáneo femoral lateral
FEVI fracción de eyección del ventrículo izquierdo	NCFP nervio cutáneo femoral posterior
HFA/ESC Heart Failure Association of the European Society of Cardiology	NT-proBNP prohormona N-terminal del péptido natriurético cerebral
HTA hipertensión arterial	NYHA New York Heart Association Functional Classification
IAM infarto agudo de miocardio	PLB fosfolamban
IC insuficiencia cardiaca	RS retículo sarcoplásmico
ICmEF insuficiencia cardiaca con mejoría de fracción de eyección	RyR receptor de rianodina
ICFEp insuficiencia cardiaca con fracción de eyección preservada	SERCA-2 <sup>a</sup> bomba ATPasa del retículo sarcoplásmico de Ca <sup>2+</sup> 2a
ICFEr insuficiencia cardiaca con fracción de eyección reducida	TIVA anestesia total intravenosa
ICFErm insuficiencia cardiaca con fracción de eyección de rango medio	UCI unidad de cuidados intensivos
	VIH virus de inmunodeficiencia humano

## Carta de aprobación del tutor

Lunes 16 de diciembre del 2024

San José, Costa Rica

Señores Comisión de Trabajos Finales de Graduación del Posgrado de Anestesiología y Recuperación de la Universidad de Costa Rica:

Por medio de la presente me dirijo a ustedes con la finalidad de hacerles constar que, en calidad de tutor del trabajo "Impacto de la anestesia regional en pacientes cardiopatas con fracción de eyección reducida para cirugía de amputación transtibial y transfemoral de miembro inferior", desarrollado por el doctor Javier Solera Madrigal, cédula de identidad número 1-1570-0068, residente del Posgrado de Anestesiología y Recuperación, he examinado y brindado correcciones para presentar este trabajo escrito del Trabajo Final de Graduación ante ustedes de forma oral.

Sin más por el momento se despide,



Dr. Enrique Arce Rodríguez

Médico Asistente Especialista en Anestesiología

## Carta de aprobación del lector

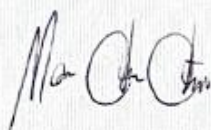
Lunes 16 de diciembre del 2024

San José, Costa Rica

Señores Comisión de Trabajos Finales de Graduación del Posgrado de Anestesiología y Recuperación de la Universidad de Costa Rica:

Por medio de la presente me dirijo a ustedes con la finalidad de hacerles constar que, en calidad de lector del trabajo "Impacto de la anestesia regional en pacientes cardiopatas con fracción de eyección reducida para cirugía de amputación transtibial y transfemoral de miembro inferior", desarrollado por el doctor Javier Solera Madrigal, cédula de identidad número 1-1570-0068, residente del Posgrado de Anestesiología y Recuperación, he examinado y brindado correcciones para presentar este trabajo escrito del Trabajo Final de Graduación ante ustedes de forma oral.

Sin más por el momento se despide,



Dr. Marco Castro Cartín

Médico Asistente Especialista en Anestesiología

## Carta del Filólogo

San José, 8 de diciembre de 2023

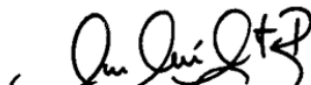
Señores  
Sistema de Estudios de Posgrado  
Programa de Posgrado en Especialidades Médicas  
Universidad de Costa Rica  
Sede Rodrigo Facio

Estimados señores:

Por este medio, yo, Ana María Acosta Barrientos, mayor, soltera, filóloga, miembro de la Asociación Costarricense de Filólogos (ACFIL), carné nro. 100, vecina de San José, portadora de cédula de identidad nro. 1-1380-0827, hago constar que:

1. He revisado el trabajo final de graduación denominado “**Impacto de la anestesia regional en pacientes cardiopatas con fracción de eyección reducida para cirugía de amputación transtibial y transfemoral de miembro inferior**” para optar por el título de **Especialista en Anestesiología y Recuperación**.
2. El proyecto es sustentado por el estudiante Javier Solera Madrigal, portador de la cédula 1-1570-0068.
3. Revisé el texto en lo relativo a la ortografía y puntuación, riqueza, propiedad y precisión léxicas, adecuación morfosintáctica, construcción de los párrafos, uso de conectores y cohesión, así como lo correspondiente al formato de estilo y citación solicitado. De igual modo se atendieron las particularidades solicitadas en el documento Lineamientos para el Trabajo Final de Graduación 2024- 2025.

En espera de que mi participación satisfaga los requerimientos del centro académico, se suscribe atentamente,

  
Ana María Acosta Barrientos  
Filóloga/ Carné nro.100

## Resumen

La cirugía de amputación de miembro inferior es un procedimiento de alto riesgo cardiovascular, especialmente en pacientes con insuficiencia cardíaca con fracción de eyección reducida (ICFEr). En esta población, la estabilidad hemodinámica es esencial para reducir en mayor medida la morbilidad y mortalidad. Entre las técnicas anestésicas disponibles, la anestesia regional, en comparación con la anestesia general o neuroaxial, se destaca por su bajo impacto hemodinámico y sus beneficios, como la reducción de complicaciones perioperatorias, menor necesidad de cuidados intensivos, transfusiones, y analgesia de rescate. Este trabajo se enfoca en destacar la importancia de elegir adecuadamente la técnica anestésica a la hora de abordar los pacientes con ICFEr sometidos a una amputación de transtibial y transfemoral, exponer los beneficios de la anestesia regional y describir los bloqueos de los nervios implicados en estos procedimientos.

**Palabras clave:** insuficiencia cardíaca con fracción de eyección reducida, amputación de miembro inferior, anestesia regional y manejo anestésico.

## Abstract

Lower limb amputation surgery is a procedure with a high cardiovascular risk, especially in patients with heart failure with reduced ejection fraction (HFrEF). Maintaining hemodynamic stability in this population is essential to significantly reduce the morbidity and mortality. Among the anesthetic techniques available, regional anesthesia, compared to general or neuraxial anesthesia, stands out for its low hemodynamic impact and its benefits, such as reducing perioperative complications, the need for an intensive care unit, transfusions, and rescue analgesia. This work focuses on emphasizing the importance of selecting the appropriate anesthetic technique when addressing patients with HFrEF undergoing transtibial and transfemoral amputation, expose the benefits of regional anesthesia and describe the nerve blocks involved in these procedures.

**Key words:** heart failure with reduced ejection fraction, lower limb amputation, regional anesthesia and anesthesia management.

## Justificación

La cirugía de amputación de miembro inferior es un procedimiento fisiológicamente estresante y es causa de riesgo cardiovascular en el perioperatorio (1). Por lo general, los pacientes sometidos a estas intervenciones sufren de condiciones médicas que aumentan su comorbilidad, como: la edad avanzada, fragilidad, diabetes, enfermedad renal, enfermedad vascular periférica, tratamiento anticoagulante prolongado e insuficiencia cardiaca (IC) (2–9). Todo esto amplifica el riesgo de morbimortalidad en el periodo perioperatorio y, ocasionalmente, estos pacientes requieren de una amputación de miembro inferior como un procedimiento de salvamento a pesar de la presencia de inestabilidad hemodinámica severa asociada a sepsis, disfunción multiorgánica u otras enfermedades críticas (10).

En la práctica diaria, existe la posibilidad de que los pacientes que requieran una amputación de miembro inferior sufran, además, de insuficiencia cardiaca con fracción de eyección reducida (de ahora en adelante, ICFEr). Esta población padece de anomalías estructurales y/o funcionales cardíacas con una fracción de eyección (FE) del ventrículo izquierdo  $\leq 40\%$  y es de suma importancia mantener la estabilidad hemodinámica en el transoperatorio (11–14). De lo contrario, cabe la posibilidad de un aumento de complicaciones, como hipoperfusión tisular, posibilidad de arritmias, infarto agudo de miocardio, insuficiencia renal, entre otros (12,15).

Asimismo, se puntualizan distintas modalidades anestésicas para llevar a cabo una amputación de miembro inferior. Estas pueden ser una anestesia general, espinal, epidural, anestesia combinada espinal/epidural o anestesia regional (3–7,16–18). Los cambios hemodinámicos generados por cada una de estas técnicas tienen un impacto significativo en pacientes con ICFEr, siendo el objetivo principal en esta población, evitar al máximo la reducción de la precarga y mantener un adecuado gasto cardíaco, así como, evitar un mayor consumo de oxígeno en pacientes con insuficiencia cardiaca de etiología isquémica. Dicho esto, y tomando en cuenta la cardiodepresión que puede generar la inducción y mantenimiento de una anestesia general, y la simpaticolisis producida por una anestesia neuroaxial, es de gran interés utilizar una técnica de anestesia regional en estos pacientes, ya que es una opción que provee mínimos cambios hemodinámicos (4,16,19).

Se ha descrito una reducción en cuanto a la admisión a la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), hipotensión intraoperatoria, uso de vasopresores, necesidad de transfusiones, complicaciones pulmonares, arritmias, delirio postoperatorio y necesidad de analgesia de rescate en grupos de pacientes que recibieron anestesia regional en comparación a la anestesia general o neuroaxial (3,6,10,16,20–22). Todas estas cualidades manifiestan un beneficio al utilizar la anestesia regional en pacientes con disfunción ventricular.

Es de gran interés desarrollar este trabajo para plasmar de manera objetiva la importancia de elegir adecuadamente la técnica anestésica en pacientes con ICFEr sometidos a cirugía de amputación de miembro inferior. Igualmente, se desea proporcionar información en cuanto a la definición actual de ICFEr, los cambios fisiopatológicos producidos en estos pacientes por las diferentes técnicas anestésicas, los resultados obtenidos en distintos estudios en cuanto a la morbimortalidad en el perioperatorio y los nervios periféricos que se deben bloquear al utilizar en una anestesia regional ya sea para amputaciones transtibial o transfemoral de miembro inferior (23–32).

## **Pregunta de investigación**

¿Cómo influye la aplicación de anestesia regional en la cirugía de amputación transtibial y transfemoral de miembro inferior en pacientes cardiopatas con fracción de eyección reducida, y cuáles son los beneficios, los riesgos y la técnica empleada según la literatura actual?

# Objetivos

## Objetivo general

Evaluar la eficiencia y la seguridad de la anestesia regional en cirugías de amputación transtibial y transfemoral de miembro inferior en pacientes cardiopatas con fracción de eyección reducida, mediante una revisión exhaustiva de la literatura científica actualizada.

## Objetivos específicos

1. Definir el concepto de insuficiencia cardiaca con fracción de eyección reducida y comparar los efectos hemodinámicos que generan las distintas técnicas anestésicas (anestesia general, anestesia neuroaxial y anestesia regional).
2. Detallar las implicaciones anestésicas de la cirugía de amputación transtibial y transfemoral de miembro inferior.
3. Definir la anatomía y técnica a emplear de los bloqueos nerviosos utilizados para cirugía de amputación transtibial y transfemoral de miembro inferior: bloqueo de plexo lumbar, bloqueo de plexo sacro, bloqueo de nervio femoral, bloqueo de nervio cutáneo femoral lateral, bloqueo de nervio cutáneo femoral posterior, bloqueo de nervio obturador, bloqueo de nervio safeno y bloqueo de nervio ciático.

## Metodología

Este trabajo consiste en la búsqueda de información mediante bases de datos médicas como lo son *PubMed*, *Cochrane Library* y *SciELO*, así como la consulta de libros y artículos disponibles en el SIBDI y la BINASSS.

Seguidamente, se realiza una revisión bibliográfica de artículos y libros publicados en inglés y/o español de no más de 10 años de antigüedad. Se utilizan términos MeSH específicos: insuficiencia cardiaca con fracción de eyección reducida, amputación de miembro inferior, anestesia regional y manejo anestésico.

## Marco Teórico

### Capítulo 1. Insuficiencia cardiaca-IC

#### 1.1. Definición

La IC es un síndrome clínico de etiología y fisiopatología variable. No posee un resultado histológico o bioquímico patognomónico y puede ser la secuela de distintas enfermedades (11). Es un síndrome dinámico, que puede tener cambios de severidad y diversas manifestaciones, además de una probabilidad de recuperación persistente muy baja y alta posibilidad de recaída en pacientes sin un control estricto de tratamiento.

Su definición varía ampliamente y algunas entidades se basan en el síndrome clínico y otras caracterizan sus aspectos fisiológicos y hemodinámicos (11,33). En la Tabla 1 se puede apreciar el resumen de las definiciones actuales de IC propuestas por la *American College of Cardiology Foundation/American Heart Association (ACCF/AHA)*, la *Heart Failure Association of the European Society of Cardiology (HFA/ESC)* y la *Japanese Circulation Society/Japanese Heart Failure Society (JCS/JHFS)*.

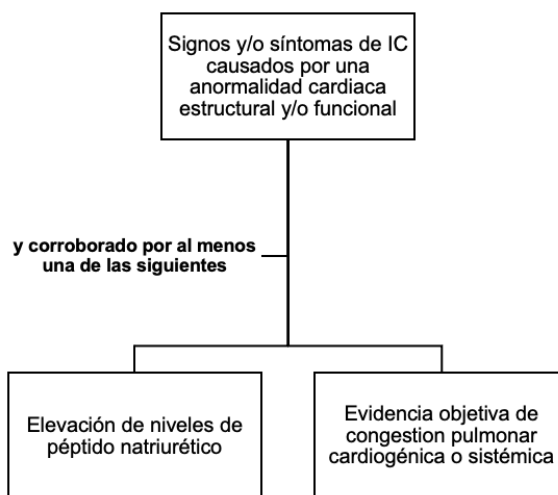
**Tabla 1.** Definiciones de la IC en la práctica clínica contemporánea

ACCF/AHA (2013)	La IC es un síndrome clínico complejo que resulta de cualquier alteración estructural o funcional del llenado ventricular o la eyección de sangre. Las manifestaciones cardinales de la IC son disnea y fatiga, que pueden limitar la tolerancia al ejercicio, y la retención de líquidos, que puede resultar en la congestión pulmonar y/o esplácica y/o edema periférico. Algunos pacientes tienen intolerancia al ejercicio pero poca evidencia de retención de líquidos, así como otros se quejan principalmente de edema, disnea, o fatiga.
ESC (2016)	La IC es un síndrome clínico caracterizado por síntomas típicos (ej, falta de aire, inflamación de tobillos y fatiga) que se pueden acompañar por signos (ej, aumento de presión venosa yugular, crépitos pulmonares y edema periférico) causado por una anomalía cardíaca estructural y/o funcional, resultando en una reducción del gasto cardíaco y/o una elevación de presiones intracardiacas en reposo o durante el estrés.
JCS/JHFS(2017)	La IC es un síndrome clínico que consiste en disnea, malestar, inflamación y/o reducción de la capacidad durante el ejercicio debido a la pérdida de la compensación de la función contráctil cardíaca debido a anomalías estructurales y/o funcionales cardíacas.

*Tabla modificada de (11).*

A pesar de que las definiciones difieren en ciertos rubros, existen algunos aspectos que coinciden entre sí, e identifican a la IC como un síndrome clínico con la presencia de síntomas y/o

signos característicos previos o actuales (11,33). Entre estos destacan la disnea y la fatiga, como causas de alteraciones cardíacas estructurales y/o funcionales (ej. FE <50%, aumento de cámaras cardíacas, hipertrofia ventricular o lesión valvular obstructiva o regurgitante). Además, debe haber evidencia de disfunción cardíaca corroborada por biomarcadores como el péptido natriurético cerebral (BNP) o la prohormona N-terminal del péptido natriurético cerebral (NT-proBNP) (Tabla 2), así como la presencia de congestión pulmonar cardiogénica o sistémica (Figura 1) (11).



**Figura 1.** Definición universal de insuficiencia cardíaca. Imagen modificada de (11).

**Tabla 2.** Niveles de péptido natriurético que soportan la definición de IC

	Pacientes ambulatorios	Pacientes hospitalizados/descompensados
BNP (pg/mL)	≥35	≥100
NT-proBNP (pg/mL)	≥125	≥300

*Tabla modificada de (11).*

En síntesis, las definiciones actuales de IC engloban 3 elementos: la evidencia de enfermedad estructural cardiaca, historia de síntomas usualmente reportados en IC, y signos objetivos comúnmente vistos en IC.

## 1.2. Clasificación según la fracción de eyección del ventrículo izquierdo

La insuficiencia cardiaca es clasificada en distintas estructuras, tal como lo hizo la *New York Heart Association Functional Classification* (NYHA), según la capacidad funcional del paciente, la progresión de enfermedad según en estadios A/B/C/D propuesta por la ACCF/AHA, según su etiología, su lateralidad (derecha o izquierda), su cronicidad (aguda o crónica) y según la FEVI (11).

Esta última divide la IC en IC con fracción de eyección reducida (ICFEr), IC con fracción de eyección preservada (ICFEp), IC con fracción de eyección de rango medio (ICFErm) e IC con mejoría de FE (ICmEF) (12–14,33). Posee la gran ventaja de brindar información pronóstica y la respuesta al tratamiento crónico:

- ICFEr: IC con FE del ventrículo izquierdo (FEVI)  $\leq 40\%$ .
- ICFErm: IC con FEVI entre 41 – 49%.
- ICFEp: IC con FEVI  $\geq 50\%$ .
- ICmFE: IC con una FEVI base  $\leq 40\%$ , un aumento de  $\geq 10$  puntos de la FEVI base, y una segunda medida de la FEVI  $>40\%$ .

Esta clasificación ha sido de gran ayuda, especialmente para definir el tratamiento de los pacientes con FEVI reducida. Es en este grupo donde más se ha visto una reducción en la morbilidad y la mortalidad gracias a las terapias actuales (33). Las características de la ICFErm se sobreponen con las de la ICFEr y la ICFEp, y es posible que estos pacientes tengan principalmente una disfunción sistólica leve, pero con características de una disfunción diastólica (33).

A nivel hospitalario, la mortalidad es mayor en pacientes con ICFEr. También, se ha visto que el riesgo de presentar eventos cardiovasculares es mayor en ICFEr en comparación con los pacientes con ICFEp (14). En cuanto a los pacientes con ICFErm, se ha descrito que tienen un

riesgo generalizado de eventos cardiovasculares menores y una sobrevida similar o superior a los pacientes con ICfEr (12,13,34).

### **1.3. Etiología**

La IC es causada por una gran variedad de patologías. Está presente en aproximadamente 1-2% de la población adulta en países desarrollados, y hasta en  $\geq 10\%$  de las personas  $>70$  años (33). Puede ser que haya alteraciones en el pericardio, el miocardio, el endocardio, válvulas cardíacas, la vasculatura o el metabolismo, y por lo general, se presenta más de una variación (33–35). Estos cambios van a llegar a afectar la función ventricular sistólica y diastólica del corazón. Asimismo, es de suma importancia reconocer la causa del problema para optimizar la terapia, ya que cada patología va a determinar cuál es el tratamiento más indicado.

Según la evidencia, parece haber diferencias etiológicas entre la ICfEp y la ICfEr. Por lo general, los pacientes con ICfEp suelen ser de mayor edad, principalmente mujeres, con historia de diabetes mellitus (DM), hipertensión arterial (HTA) y fibrilación atrial, siendo el infarto agudo de miocardio (IAM) menos prevalente en comparación con los pacientes con ICfEr (33,36). Además, los pacientes con ICfEr tienden a presentar cifras más elevadas de presión arterial sistólica y mayor prevalencia de comorbilidades como HTA, DM, anemia, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, cáncer y enfermedades psiquiátricas (36). La ICfErm posee características de ambos grupos.

Las entidades que afectan principalmente a la función sistólica y, por ende, reducen la FE ventricular, son: la enfermedad arterial coronaria (EAC), la miocardiopatía dilatada, la hipertensión arterial (HTA) y la enfermedad vascular (33,35).

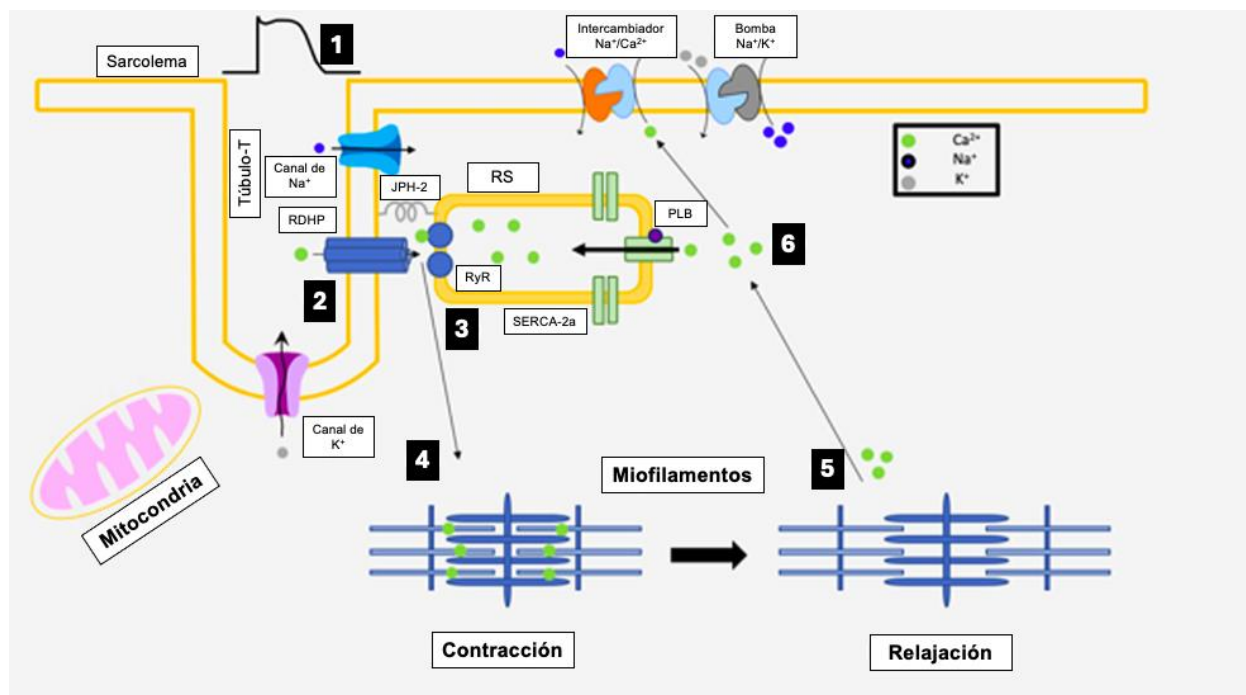
Por otro lado, también puede haber una IC de predominio diastólico. Es posible que sea causada por las mismas condiciones que la disfunción sistólica; sin embargo, la frecuencia es mayor en pacientes con HTA, EAC, diabetes, miocardiopatía hipertrófica obstructiva y miocardiopatía restrictiva (36).

Cabe destacar que también existen otras etiologías de menor frecuencia. Sin embargo, se debe tomar en cuenta si la causa de la IC es desconocida o de difícil manejo (33). Estas pueden ser sarcoidosis, miocarditis, cardiomiopatía del periparto, infección por VIH, abuso de sustancias o causa idiopática.

#### **1.4. Fisiopatología**

Para que se genere una reducción en el gasto cardiaco, por lo general, el corazón sufre un insulto inicial que conlleva a una cascada de procesos de mala adaptación. Ciertamente hay factores que predisponen a estos cambios, como la lesión miocárdica de cualquier tipo, la HTA, enfermedades valvulares o taquiarritmias (15). Los procesos fisiopatológicos que producen una remodelación en la IC son complejos y se caracterizan por una activación sistémica neurohormonal, efectos vasculares periféricos y cambios locales que afectan el corazón. Se destaca el desarrollo de disfunción diastólica, alteración del reposo sistólico, un acoplamiento ventricular-arterial anormal, disfunción e inflamación endotelial, incompetencia cronotrópica, alteraciones del miocardio, hipertensión pulmonar e insuficiencia renal (15).

De los mecanismos mejor descritos es el trastorno del acoplamiento excitación-contracción, alterando el flujo de  $\text{Ca}^{2+}$  intracelular del cardiomiocito, principalmente por una reducción en la expresión y regulación de proteínas encargadas de estos mecanismos, así como una posible depresión de la señalización  $\beta$ -adrenérgica y aumento del estrés oxidativo (15,36). Esto se puede dar por el remodelamiento de los túbulos-T, desacople del receptor de rianodina (RyR) y una reducción en la actividad de la bomba ATPasa del retículo sarcoplásmico de  $\text{Ca}^{2+}$  2a (SERCA-2a) o la fosforilación de su principal regulador, el fosfolamban (15). El resultado final es una reducción en el flujo de  $\text{Ca}^{2+}$  y una menor concentración de  $\text{Ca}^{2+}$  intracelular, que afectan en la contractilidad sistólica y la relajación diastólica del corazón (Figura 2).



**Figura 2.** Acoplamiento excitación-contracción del cardiomiocito. El potencial de acción del cardiomiocito (1) se inicia por el flujo de iones de  $\text{Na}^+$  por canales de  $\text{Na}^+$  que llevan el potencial de membrana celular neto de negativo a positivo. Esto activa el flujo de  $\text{Ca}^{2+}$  por medio de los canales de  $\text{Ca}^{2+}$  tipo-L (2) encontrados en la invaginación del túbulo-T. La elevación localizada de concentraciones de  $\text{Ca}^{2+}$  conlleva a la liberación de  $\text{Ca}^{2+}$  inducida por  $\text{Ca}^{2+}$  vía los RyR situados en el RS (3). La contracción (4) y la relajación (5) de los miofilamentos dependen del acople y la disociación de  $\text{Ca}^{2+}$  de la troponina. La diástole depende del flujo de  $\text{Ca}^{2+}$  hacia el RS por medio de la SERCA-2a, regulada por el PLB al reducir su afinidad por  $\text{Ca}^{2+}$  (6), o al medio extracelular por medio del intercambiador  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ . Durante la repolarización hay un retorno al potencial de membrana basal con el flujo de iones de  $\text{K}^+$  vía canales de  $\text{K}^+$  y la bomba  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATPasa. JPH-2, junctofilina-2; PLB, fosfolamban; RDHP, receptor de  $\text{Ca}^{2+}$  dihidropiridínico; RS, retículo sarcoplásmico; RyR, receptor de rianodina; SERCA-2a, bomba ATPasa del retículo sarcoplásmico de  $\text{Ca}^{2+}$  2a. *Imagen modificada de (15).*

Otros elementos que influyen en la fisiopatología de la IC son la reducción en la actividad de la miosina, la mutación de la proteína junctofilina-2 (JPH-2), la cual estabiliza el complejo túbulo-T/RS, la oxidación de la glucosa, el estrés oxidativo, el aumento de la rigidez miocárdica pasiva por fibrosis y procesos infiltrativos, y la alteración de la reserva energética y utilización de sustratos a nivel mitocondrial (15,35). Muchos de los tratamientos desarrollados a la fecha, tienen como objetivo regular estas modificaciones. La idea es mejorar la contractilidad del corazón y

revertir la remodelación y la respuesta hormonal asociada, evitando también la generación de arritmias y mejorando la supervivencia de los pacientes (15).

## **1.5. Cambios hemodinámicos**

Los pacientes con IC van a tener alteraciones en la contracción y la relajación, debido a los cambios estructurales y en el funcionamiento del corazón, repercutiendo sobre el gasto cardiaco, las presiones de llenado y la perfusión de los tejidos (37). Debido a su fisiopatología, va a existir una reducción en la contractilidad normal del corazón o inotropismo, disminución en la fracción de eyección, modificación en la relajación o lusitropismo, alteración en el manejo del volumen circulante efectivo, y generación de arritmias (15).

En este escenario, se conocen tres principales determinantes del funcionamiento del ventrículo izquierdo, el cual se refleja en el volumen de eyección: la precarga (retorno venoso y volumen al final de la diástole), la contractilidad miocárdica (la fuerza generada por un volumen telediastólico dado), y la poscarga (impedancia aórtica y estrés de las paredes vasculares) (38,39). En la ICFe se genera una alteración sistólica y/o diastólica, como se mencionó. Cuando se genera una disfunción sistólica, la contractilidad miocárdica disminuye y se altera la calidad de los enlaces de los miofilamentos en los cardiomiocitos, reduciendo así el volumen de eyección para una precarga determinada (15). Como consecuencia, no es posible incrementar el volumen sistólico con el aumento del retorno venoso y de la presión al final de la diástole, y, paulatinamente, el corazón insuficiente se vuelve cada vez más dependiente de la poscarga.

También, los cambios asociados a la disfunción sistólica estimulan la activación neurohumoral y el remodelamiento cardiaco (15). La caída en el gasto cardiaco desarrolla una estimulación simpática como un intento de aumentar la contractilidad y la frecuencia cardiaca de manera compensatoria, y se promueve la retención de sal y agua para incrementar el volumen sanguíneo.

Estas condiciones hacen que los pacientes con IC avanzada se presentan, por lo general, con sobrecarga de volumen refractaria. Esta condición se puede manifestar como una congestión pulmonar, edema en las extremidades, aumento de la presión en la vena yugular y ascitis (11,36).

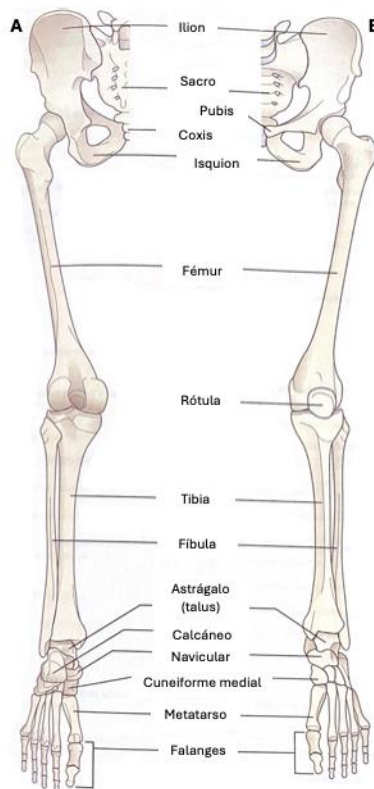
Además, suele haber una reducción en el volumen circulante efectivo, por lo que se producen signos como resultado de bajo gasto cardiaco. Entre estos están: la reducción de presión de pulso, signos de baja perfusión, enfriamiento de extremidades, cambios en el electrocardiograma (ondas Q, ondas ST y T anormales), hipotensión y alteración del sensorio. La reducción de la presión arterial genera un aumento en la mortalidad en estos pacientes (33).

## Capítulo 2. Cirugía de amputación de miembro inferior

### 2.1. Anatomía del miembro inferior

#### 2.1.1. Sistema óseo

Los huesos del miembro inferior (MI) se pueden dividir en varios componentes: la pelvis; el fémur y rótula; la tibia y fibula; y el tarso, metatarso y falanges (Figura 3). Estos se unen mediante articulaciones y ligamentos (40).



**Figura 3.** Esquema de los huesos del miembro inferior. A, vista posterior. B, vista anterior. Imagen modificada de (40).

### 2.1.2. Sistema muscular

La musculatura consiste en los músculos extensores (principalmente, los anteriores), músculos flexores (los situados en el compartimiento posterior) y los rotatorios (principalmente, en la cadera). Por lo general, la inserción distal de estos músculos es fija y la proximal es móvil, a diferencia del miembro superior. Se pueden subdividir en los músculos de la región glútea e iliaca, los músculos del muslo y los de la pierna y el pie.

El músculo psoas mayor y el iliaco son los que componen la región iliaca y se encargan de la flexión de la cadera. La región glútea se compone por los tres músculos glúteos: mayor, medio y menor. Estos se encargan de la extensión y abducción de la cadera, y la estabilización de la pelvis; esta última función junto con el músculo de la fascia lata. El músculo piriforme, el obturador interno y externo, y el cuadrado femoral se encargan del movimiento rotatorio de la cadera.

La extensión de la rodilla se da gracias a los músculos del compartimiento anterior del muslo. Lo comprenden el sartorio y el cuádriceps femoral. El compartimiento medial está organizado por músculos aductores y el gracilis. Los músculos isquiotibiales (semitendinoso, semimembranoso y bíceps femoral) componen el compartimiento posterior y se encargan de la flexión y rotación de la rodilla.

A nivel anterior de la pierna se sitúan los músculos extensores del tobillo y los músculos extensores largos de los ortejos. También lo componen el músculo tibial anterior, que ayuda a la inversión del pie, y el músculo fibular tercero, que ayuda a la eversión. El compartimiento posterior se encarga de la flexión plantar y lo componen músculos superficiales y profundos. El primer componente consiste en los músculos gastrocnemio y sóleo. El componente profundo lo componen el poplíteo, los flexores largos de los ortejos y el tibial posterior. Los músculos fibular largo y corto se sitúan en el compartimiento lateral, y se encargan principalmente de la eversión del pie, pero también asisten a la flexión plantar (40,41).

Finalmente, los músculos intrínsecos que componen el pie facilitan la acción de los otros músculos de los ortejos y ayudan a controlar la postura del pie mediante correcciones sutiles.

### **2.1.3. Sistema vascular**

La principal arteria que irriga el miembro inferior es la arteria femoral. Esta es la continuación de la arteria iliaca externa. Al continuar a través de la zona posterior del muslo, esta se convierte en la arteria poplítea. Luego, se dirige hacia el compartimento posterior y se divide en las dos ramas terminales, la arteria fibular y la arteria tibial posterior, suplementando la porción distal del MI.

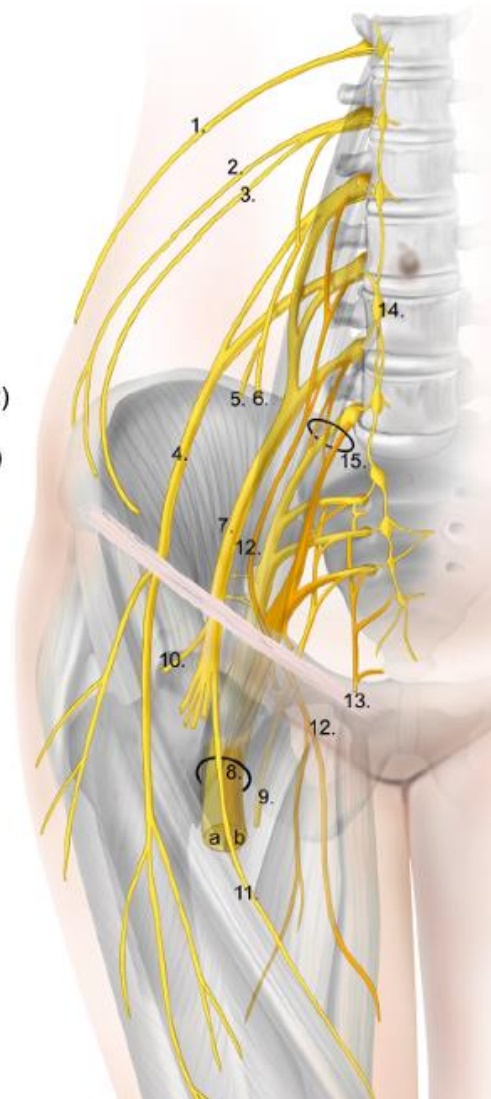
En cuanto al drenaje venoso, este se subdivide en un grupo superficial y uno profundo. El primer grupo se sitúa sobre la fascia superficial y está a nivel subcutáneo. De estas, las dos primordiales son la vena safena larga y corta. El segundo grupo acompaña a las arterias de mayor calibre. En la zona del pie, las venas se organizan en plexos y se conectan mediante arcos venosos (40,41).

### **2.1.4. Sistema nervioso**

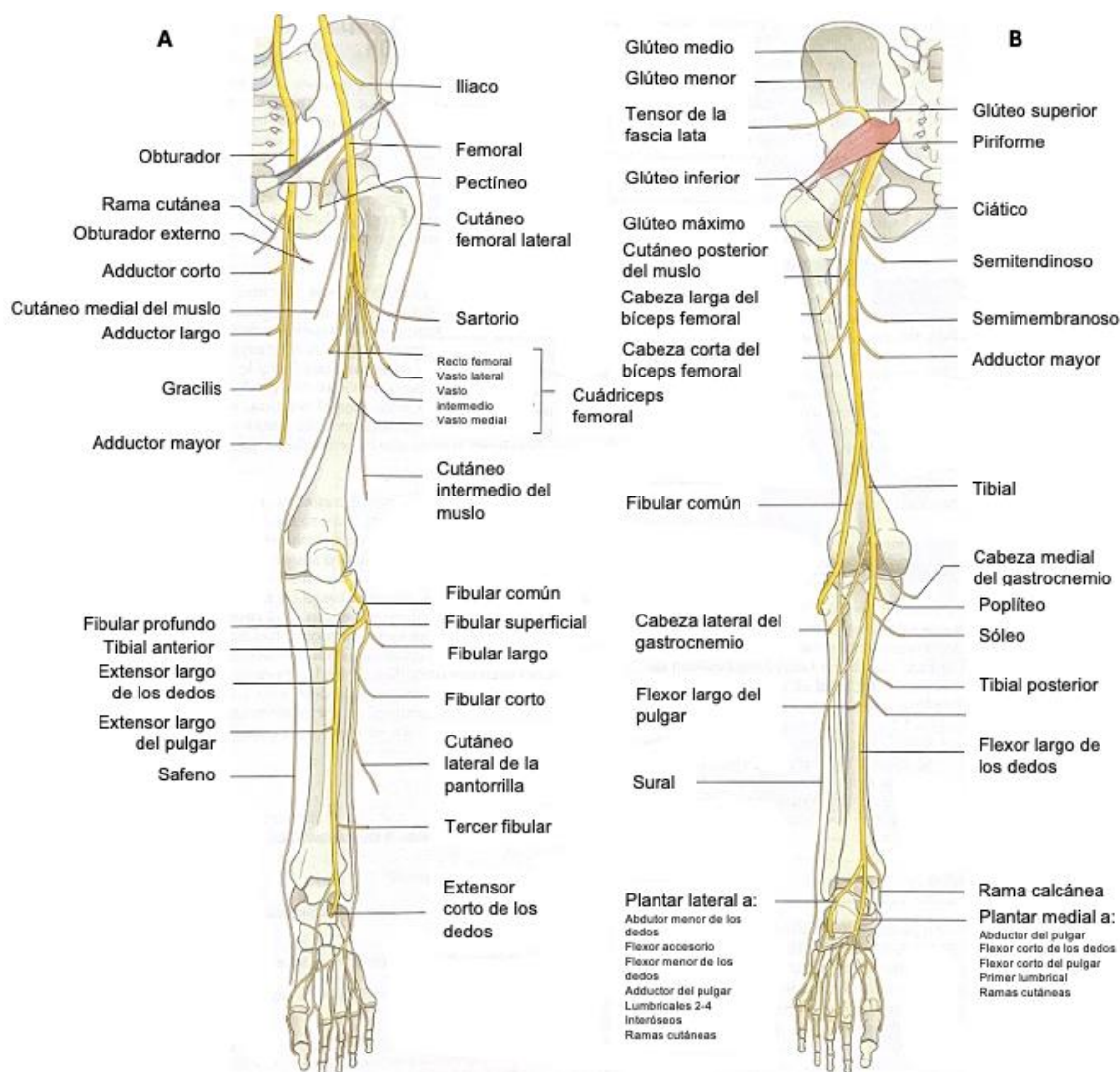
Los dos plexos nerviosos encargados de la innervación del MI son el lumbar y el sacro. El plexo lumbar reposa sobre el músculo psoas mayor a nivel de los tres primeros procesos transversos lumbares (40,42). Se extiende desde las raíces de T12 a L5 y lo comprenden el nervio iliohipogástrico, el ilioinguinal, el genitofemoral, el cutáneo femoral lateral (NCFL), el femoral, el obturador y el tronco lumbosacro (40–43). Luego de que la raíz de L4 proporcione sus ramas al plexo lumbar, se une a la rama anterior de L5 para formar el tronco lumbosacro, el cual se sitúa sobre el sacro y es separado del nervio obturador por la arteria y vena iliolumbar. Luego, desciende para unirse a las ramas sacras anteriores y formar el plexo sacro. El plexo sacro se sitúa en la pelvis, sobre el músculo piriforme (Figura 4 y 5) (40,42).

**Nervios**

1. Nervio subcostal (T12)
2. Nervio iliohipogástrico (L1)
3. Nervio ilioinguinal (L1)
4. Nervio cutáneo femoral lateral (L2,3)
5. Rama femoral del nervio genitofemoral (L1,2)
6. Rama genital del nervio genitofemoral (L1,2)
7. Nervio femoral (L2,3,4)
8. Nervio ciático
  - a. Nervio peroneo común (L4,5,S1,2)
  - b. Nervio tibial (L4,5,S1,2,3)
9. Nervio cuáneo femoral posterior (S1,2,3)
10. Nervio al músculo sartorio (L2,3,4)
11. Rama safena del nervio femoral
12. Nervio obturador (L2,3,4)
13. Nervio pudendo (S1,2,3)
14. Tronco simpático
15. Tronco lumbosacro



**Figura 4.** Plexo lumbosacro. Imagen modificada de (42).



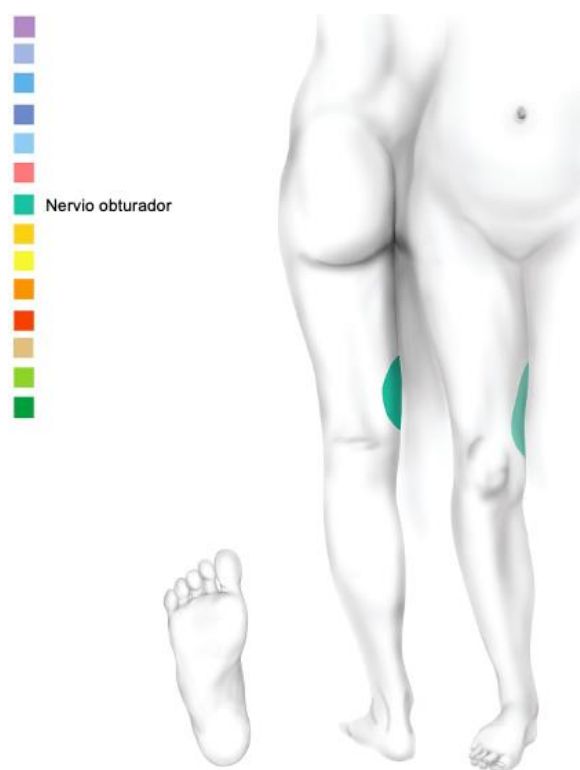
**Figura 5.** Nervios del miembro inferior. A, vista anterior. B, vista posterior. Imagen modificada de (40).

El nervio iliohipogástrico se origina de las raíces de T12 y L1. Se encarga de la función motora del músculo oblicuo interno y el transverso abdominal, y a nivel sensitivo en la zona glútea lateral.

El nervio ilioinguinal surge de una rama de L1. Provee innervación sensitiva en la zona anterosuperior y medial del muslo, y algunas ramas motoras del músculo oblicuo interno y el transverso del abdomen. En hombres aporta ramas a la zona escrotal y del pene, y en mujeres inerva la zona de los labios mayores y el monte del pubis.

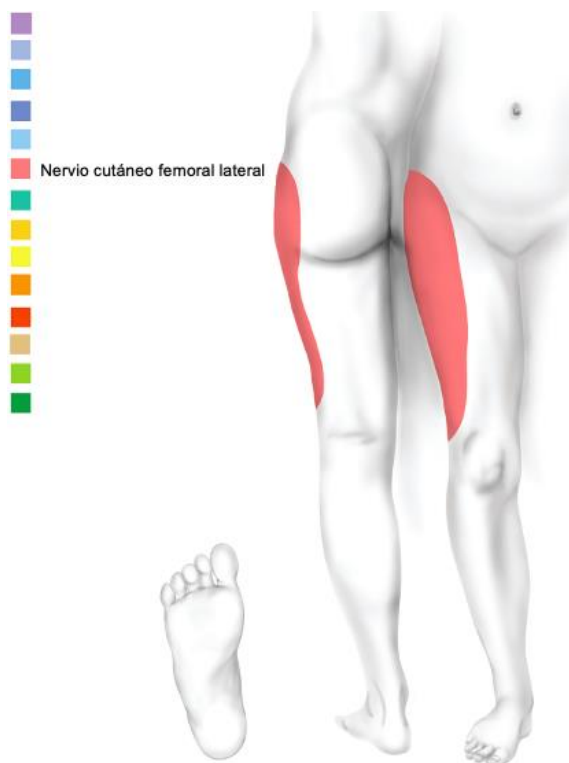
De la porción superior de L1 y L2 surge el nervio genitofemoral, que luego se divide en las ramas genital (para el músculo cremáster y la piel escrotal o el monte del pubis y los labios mayores) y femoral (para la sensibilidad de la zona anterosuperior del muslo).

El nervio obturador se encarga del compartimento medial del muslo. Se origina de las divisiones anteriores de L2, L3 y L4 y llega a dividirse en sus ramas anterior y posterior. También posee ramas articulares de la cadera y la rodilla y la piel de la cara medial del muslo y la pierna (Figura 6). Es el responsable de la aducción del muslo y de la sensibilidad de su cara medial.



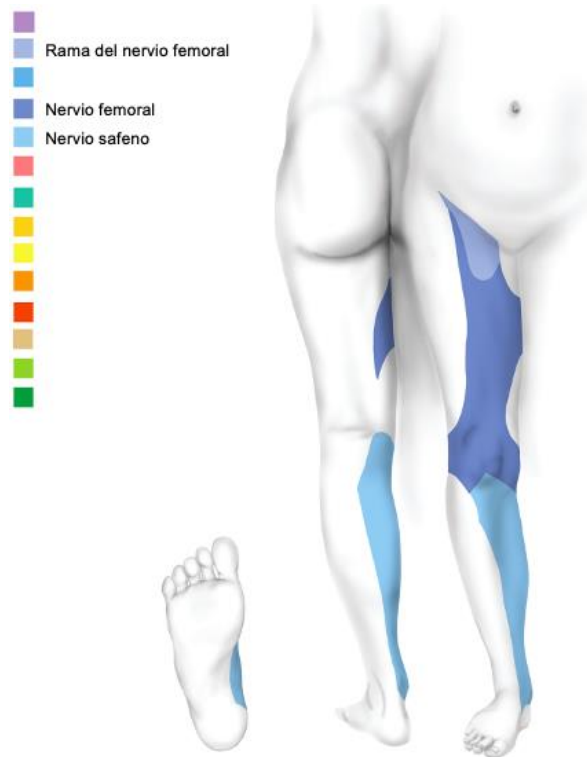
**Figura 6.** Distribución sensorial del nervio obturador. Imagen modificada de (42).

El NCFL sale de L2 y L3, compartiendo las raíces nerviosas del nervio femoral (42). Se encarga de la inervación sensitiva de la porción lateral del muslo (Figura 7).



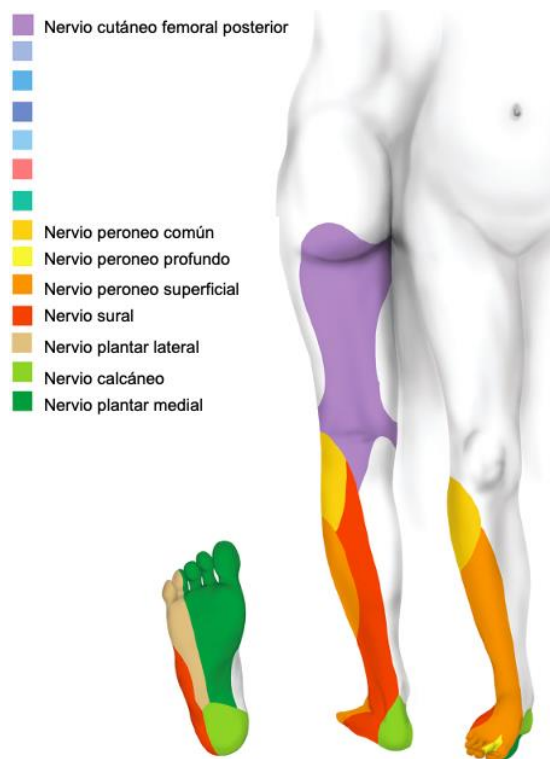
**Figura 7.** Distribución sensorial del nervio cutáneo femoral lateral. Imagen modificada de (42).

El nervio de mayor proporción del plexo lumbar es el nervio femoral y se crea a partir de las divisiones posteriores de L2, L3 y L4, a diferencia del nervio obturador que parte de las divisiones anteriores (42). Se sitúa profundo a la fascia iliaca, por debajo del ligamento inguinal, y al borde lateral de la vaina femoral, separándolo de la arteria y vena femoral. Sus funciones principales son la inervación motora y sensitiva del compartimento anterior del muslo y se divide en cuatro ramas: motora, cutánea, articular y vascular. La rama motora suministra al músculo cuádriceps femoral, el sartorio y el músculo articular de la rodilla. La rama cutánea se convierte en el nervio safeno, dándole sensibilidad a la piel que se sitúa sobre la rótula y de la porción anteromedial de la pierna distal (Figura 8). Finalmente, la rama articular le proporciona sensibilidad a la rodilla y la rama vascular suplementa la arteria femoral y sus divisiones menores.



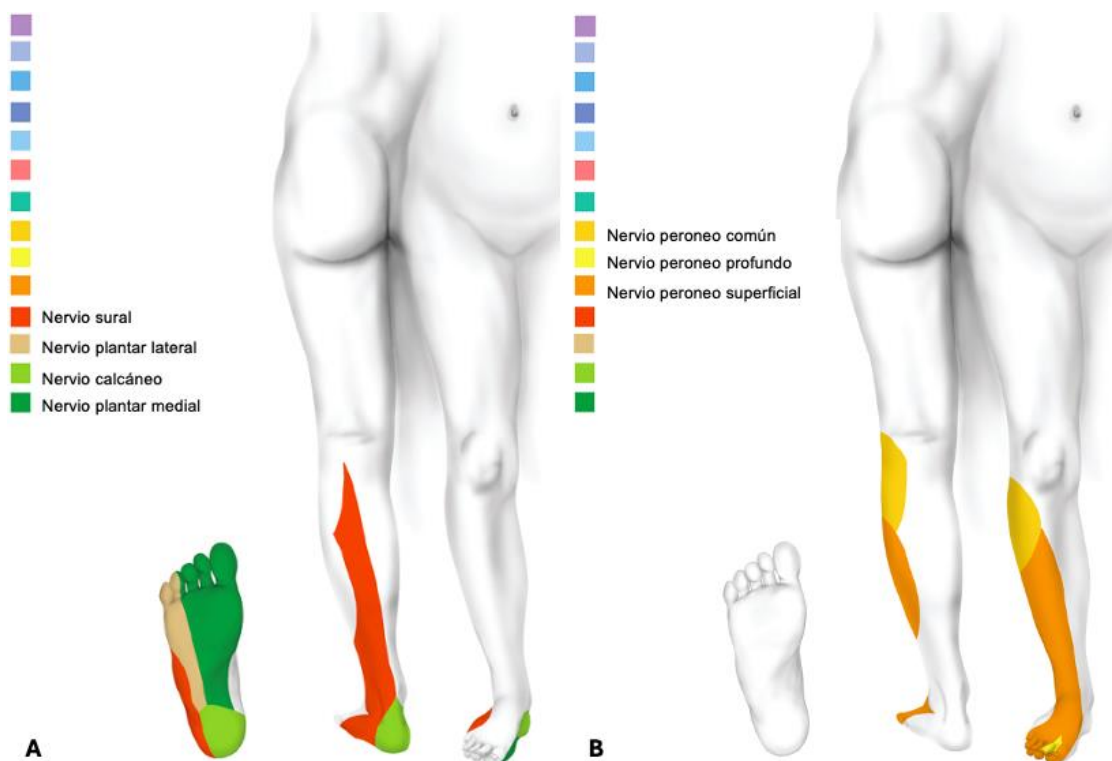
**Figura 8.** Distribución sensorial del nervio femoral. Imagen modificada de (42).

El nervio ciático se conforma de las ramas anteriores de L4, L5, S1, S2 y S3 y es el nervio más grande del cuerpo (40,42). Transcurre por el aspecto posterior de la pierna hacia la rodilla y se divide en el nervio tibial y el nervio fibular o peroneo común (Figura 9).



**Figura 9.** Distribución sensorial del nervio ciático. Imagen modificada de (42).

El nervio tibial inerva el grupo de músculos del compartimento posterior del muslo (a excepción de la cabeza corta del músculo bíceps femoral) y los músculos del compartimento posterior de la pierna. Además, se encarga de la sensibilidad de la planta del pie. El nervio peroneo común se divide en el nervio peroneo profundo (inerva el compartimento anterior de la pierna y la piel entre el primer y segundo dedo del pie) y el peroneo superficial (inerva el compartimento lateral de la pierna y da sensibilidad al dorso del pie) (Figura 10).



**Figura 10.** Distribución sensorial del nervio tibial (A) y del nervio peroneo común (B). Imagen modificada de (42).

Los nervios glúteos surgen de las divisiones posteriores del plexo sacro. De L4 a S1 nace el nervio glúteo superior y se encarga de inervar el músculo glúteo medio, glúteo menor y tensor de la fascia lata. El nervio glúteo inferior se origina de L5 a S2 y provee la inervación al músculo glúteo mayor.

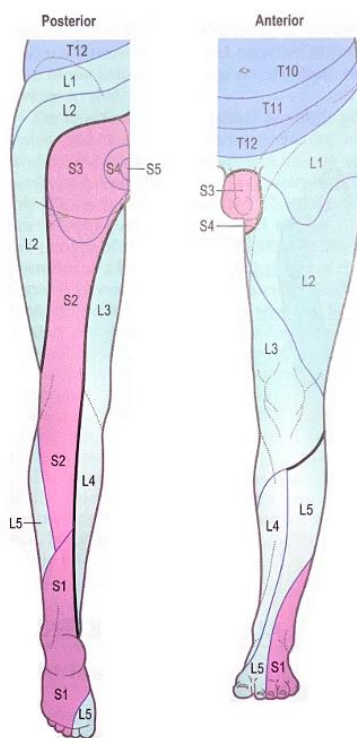
De S1 a S3 proviene el nervio cutáneo femoral posterior y da sensibilidad de la piel de la región posterior del muslo y la zona inferior de los glúteos.

Finalmente, los nervios clúneos (superior, medio e inferior) proporcionan la sensibilidad a la piel de la región glútea (40,41,43).

### 2.1.5. Dermatomas, osteotomas y miotomas

Los dermatomas del MI surgen de la raíz dorsal de T12 a S3 y siguen un patrón relacionado al origen de los nervios espinales. Inervan las siguientes regiones (40,41) (Figura 11):

- L1: Inguinal y muslo superior.
- L2: Lateral y medial del muslo.
- L3: Anteromedial del muslo y rodilla.
- L4: Medial de la pierna y el pie.
- L5: Lateral de la pierna y dorso del pie, a excepción del 5to dedo.
- S1: Posterior y lateral del muslo, pierna y del pie.
- S2: Posterior del muslo y de la pierna hasta la planta del pie.
- S3: Glútea y porción interna del muslo.
- S4 y S5: Perineal.

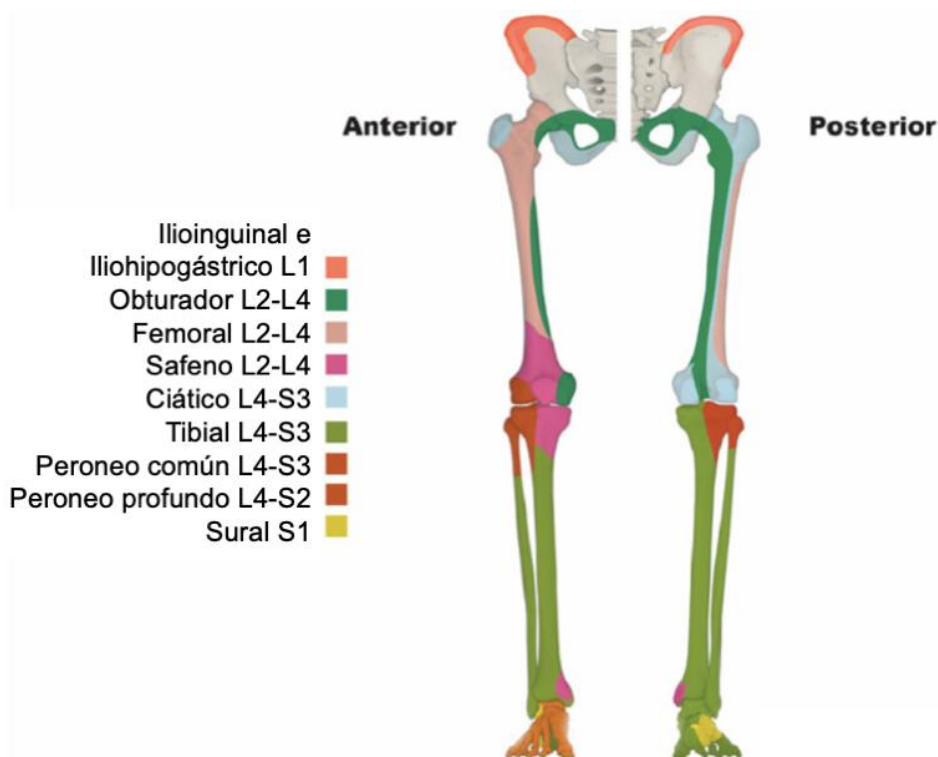


**Figura 11.** Dermatomas del miembro inferior. Imagen tomada de (40).

Se entienden como miotomas los grupos de músculos que son inervados por las fibras motoras (ventral) de un nervio espinal específico (40,44). Se pueden dividir en miotomas de raíces lumbares y sacras:

- L1-L2: Músculo iliopsoas (flexión de la cadera).
- L3: Músculo cuádriceps femoral (extensión de la rodilla).
- L4: Músculo tibial anterior (dorsiflexión del tobillo).
- L5: Músculo extensor largo del pulgar (extensión del dedo gordo y dorsiflexión del pie).
- S1: Músculos gastrocnemio y sóleo (flexión plantar del tobillo). Músculo peroneo largo y corto (eversión del pie).
- S2: Músculos flexores de los ortejos (flexión de los ortejos).
- S2-S3: Músculo abductor del pulgar (abducción del pulgar).

Los osteotomas son una inervación de los huesos y articulaciones, y por lo general, no siguen la misma distribución de la piel ni los músculos (40,44). En la Figura 12 se aprecia la distribución de las zonas inervadas.



**Figura 12.** Osteotomas del miembro inferior. Imagen modificada de (42).

## 2.2. Tipos de cirugías

Existen cuatro principales categorías de amputación del miembro inferior: por debajo de la rodilla (transtibial o infracondílea), a través de la rodilla (desarticulación de rodilla), por encima de la rodilla (transfemoral o supracondílea) y a través de la cadera (2). Para este trabajo, se decide abordar dos procedimientos específicos, los cuales son los más comunes en la práctica hospitalaria: la amputación transtibial y la amputación transfemoral. Cuando se considera una amputación del MI, la preservación de la rodilla mediante una amputación transtibial permite una recuperación funcional mayor en comparación a una transfemoral. El nivel de amputación se elige para optimizar de mejor manera la recuperación.

### **2.2.1. Amputación transtibial de MI**

Consiste en la amputación de la pierna a través de la tibia y el peroné (2,7,9,21,45). Estos pacientes mantienen un mayor nivel de movilidad con el uso de prótesis en el postoperatorio y una mejor calidad de vida en comparación a la amputación transfemoral.

Hay distintas maneras de elaborar una amputación transtibial, habiendo una mayor diferencia en la amputación en guillotina en comparación a una completa. La primera se utiliza para el control de infecciones o de hemorragia, o para completar una amputación incompleta en un MI traumático. Además, existen diferencias dependiendo del colgajo de piel utilizado, ya sea un colgajo posterior largo y uno miocutáneo anterior y posterior (45). Otras técnicas han sido descritas por Ernest M. Burgess y Lutz Brückner.

La incisión circunferencial se realiza 10 – 15 cm distal al tubérculo tibial luego de inflar el torniquete. Se efectúa un colgajo anterior para los dos tercios anteriores de la pierna y un colgajo posterior 150% más largo que el anterior para un adecuado cierre. La fascia y los músculos se separan para dividir de manera adecuada la tibia y el peroné. Los nervios tibial y fibular superficial y profundo se identifican, se traccionan y se seccionan con un bisturí. Esta técnica disminuye el riesgo de formación de neuromas. Las arterias tibial anterior y posterior se identifican y se ligan. Las diáfisis de la tibia y la fibula se cortan con una sierra y se liman, y posteriormente, se aseguran las aponeurosis de los gastrocnemios mediante un hueco realizado en la tibia distal y una sutura no reabsorbible. Se libera el torniquete y se obtiene una hemostasia adecuada por cauterización. Las fascias se aproximan, seguido del tejido subcutáneo y la piel (45).

### **2.2.2. Amputación transfemoral de MI**

Esta cirugía implica la amputación a través del fémur, por encima de los cóndilos y con el retiro de la rótula (2,4,28,46). Aunque también es posible utilizar una prótesis en el postoperatorio, la funcionalidad es más limitada y el paciente debería tener una fuerza adecuada y entrenamiento cardiovascular, balance y función cognitiva. Esta cirugía por lo general se realiza cuando la amputación transtibial no es factible (2).

El sitio de incisión se marca al igual que los colgajos, ya sea anterior y posterior o medial y lateral. Luego de inflar el torniquete se realiza la incisión y se controla el sangrado con electrocauterio. Se disecan las fascias y los planos musculares. Los grupos musculares deben quedar con una longitud de 1 a 2 pulgadas de mayor longitud del sitio de corte óseo para cubrirlo. Se identifican la arteria y vena femoral, se ligan y se seccionan. Posteriormente, se identifica el nervio ciático y safeno, se realiza ligera tracción y se corta con bisturí. El fémur se secciona por lo general, 12 cm proximal de la articulación. Se realiza con una sierra y se liman los bordes. El tendón del aductor mayor se sutura mediante agujeros laterales en el fémur y con hilo no absorbible y la musculatura del cuádriceps femoral se sutura a nivel posterior del fémur. Luego, se aproxima las fascias, el tejido subcutáneo y la piel (47).

## Capítulo 3. Opciones de técnicas anestésicas para cirugía de amputación transtibial y transfemoral de miembro inferior

### 3.1. Anestesia general

Para esta técnica anestésica, se utiliza por lo general, el propofol en dosis de 2 – 2.5 mg/kg para la inducción y se administran relajantes musculares como el rocuronio o el atracurio para facilitar la intubación endotraqueal y permitir una mejor manipulación quirúrgica del miembro inferior en el transoperatorio (38,39). Para el mantenimiento se pueden utilizar anestésicos inhalados o una anestesia total intravenosa (TIVA). Se administran opioides como el fentanil, remifentanil o la morfina para la analgesia transoperatoria y otros agentes como gabapentina, AINEs, ketamina o lidocaína.

Se debe mantener un monitoreo constante de signos vitales de manera no invasiva. El monitoreo invasivo se utiliza según sea necesario (5,38,39). También se puede monitorizar la profundidad anestésica para evitar la consciencia intraoperatoria.

#### v3.1.2. Ventajas y desventajas

**Ventajas:** La anestesia general proporciona una inconsciencia transoperatoria completa y amnesia del procedimiento (6,16). También, permite asegurar la vía aérea y tener un control estricto de la ventilación del paciente y del equilibrio ácido-base. Es ideal para procedimientos de larga duración y se ha visto que la mortalidad a los 30 días no se diferencia en comparación a técnicas anestésicas regionales (10,21,46).

**Desventajas:** Con este método, los pacientes manifiestan una mayor inestabilidad hemodinámica, un aumento de la respuesta al estrés quirúrgico y estados de hipercoagulabilidad (6). Al requerir agentes sedantes e intubación endotraqueal, se crea un estado poco fisiológico y hay un mayor riesgo de complicaciones respiratorias y cardiovasculares. Debido a la ventilación mecánica, se puede desarrollar un desacople en la ventilación-perfusión y shunt pulmonar debido a la generación de atelectasias y ventilación con presión positiva (6).

Además, la estancia hospitalaria, la incidencia de delirio y la necesidad de cuidados intensivos es mayor cuando se utiliza la anestesia general (3,10,38,39). También, puede existir un control analgésico inferior, con un mayor requerimiento de opioides, exponiendo a los pacientes a sus efectos secundarios, así como una mayor incidencia de insuficiencia respiratoria, IAM, infección del sitio quirúrgico y sepsis. (3,6,16).

También, se ha visto que la pérdida sanguínea, la necesidad de transfusiones sanguíneas, y la hipotermia se dan con mayor frecuencia (10,20,21). Finalmente, hay mayor frecuencia de náuseas y vómitos en el postoperatorio (3).

### **3.1.3. Efectos en pacientes con ICFEr**

Los agentes utilizados para la anestesia general pueden causar vasodilatación sistémica, depresión del miocardio y bradicardia, produciendo una disminución de la presión arterial (38,39). El propofol administrado a altas velocidades y los agentes inhalados también pueden reducir la contracción del corazón, afectando el gasto cardíaco.

Los episodios de hipotensión y reducción del gasto cardíaco pueden llevar a una hipoperfusión de órganos sensibles y el desarrollo de infarto de miocardio, accidente vascular cerebral, lesión renal aguda, y muerte (19). Además, se genera un desequilibrio ácido-base por el incremento de la producción de lactato (6,10,20,21). Debe haber un control estricto de líquidos, ya que estos pacientes son susceptibles a la sobrecarga, empeorando el edema pulmonar y periférico.

Por otro lado, la laringoscopia directa y la intubación endotraqueal pueden causar estados de hipertensión y aumentar la demanda y el consumo de oxígeno (38,39). Esto puede resultar en infarto de miocardio, insuficiencia cardíaca, edema pulmonar y cerebral, y hemorragia subaracnoidea (19).

## **3.2. Anestesia neuroaxial**

Este tipo de anestesia incluye la anestesia espinal y la epidural. Consiste en administrar anestésico local y otros agentes, de ser necesario, cerca de la médula espinal (44). Esto produce una anestesia y analgesia según el nivel deseado, evitando la exposición del paciente a una anestesia general.

### **3.2.1. Anestesia espinal**

Esta técnica es comúnmente utilizada para cirugía de amputación de MI. Se administra anestésico local (lidocaína, bupivacaína o L-bupivacaína) en el espacio subaracnoideo (38,39). Dependiendo del agente utilizado, el inicio de acción es de unos 5 – 10 minutos y su duración puede ser de 1.5 – 3 horas.

De esa manera, se genera un bloqueo completo de las fibras nerviosas sensoriales y motoras por debajo del nivel seleccionado, produciéndose analgesia y parálisis muscular.

### **3.2.2. Anestesia epidural**

En este abordaje, se inyecta anestésico local y otros agentes deseados en el espacio epidural. Se puede utilizar como única técnica anestésica o como adyuvante a una anestesia general (44). El bloqueo epidural ayuda a reducir el estrés quirúrgico.

El inicio de acción es más lento en comparación a una anestesia espinal (10 – 20 minutos). Se puede obtener un mayor control mediante el catéter epidural según el efecto deseado, ya sea para anestesia o analgesia (38,39). Para una cirugía de amputación del miembro inferior, ya sea transfemoral o transtibial, se requiere que el nivel bloqueado sea a la altura de T12 (o de T8 si se utiliza torniquete) (44). Al colocar un catéter epidural a nivel de L3-L4, se puede obtener una anestesia a nivel de T10, la cual es adecuada para la mayoría de intervenciones del miembro inferior, sin embargo, en pacientes propensos a un compromiso cardiovascular, se desea que el nivel de bloqueo sea por debajo de T10 (44).

Con esta técnica, se ha observado un inicio de deambulación más rápida y mayor satisfacción en pacientes operados del miembro inferior (44). También, existe una mayor reducción de trombosis venosa profunda, mejoría de la función cognitiva en el postoperatorio, y una reducción en la pérdida sanguínea y la necesidad de transfusiones en el transoperatorio.

### **3.2.3. Anestesia epidural-espinal combinada**

Es una combinación de las dos técnicas previamente mencionadas y se pretende aprovechar las ventajas de ambas. Se obtiene el inicio rápido de una anestesia espinal y la posibilidad de mantenimiento y de dar analgesia postoperatoria de una técnica epidural (38,39).

### **3.2.4. Ventajas y desventajas**

**Ventajas:** Estas técnicas anestésicas proporcionan un control excelente del dolor transoperatorio y se extiende durante el postoperatorio o días después, en caso de utilizar un catéter epidural. También, disminuye la necesidad de la utilización de opioides en el postoperatorio, en especial en amputaciones transfemorales (16). Esto ayuda a reducir el riesgo de sus efectos secundarios, como la depresión respiratoria, hipotensión, náuseas, vómitos, etc. (16,38,39).

Al utilizar una anestesia neuroaxial, se ha observado un menor índice de complicaciones quirúrgicas, reintervenciones, y de necesidad de cuidados intensivos en el postoperatorio. Por otro lado, se da una mayor estabilidad hemodinámica en comparación a la anestesia general y menor riesgo de complicaciones ventilatorias, ya que la respiración es espontánea durante el acto quirúrgico (16). Finalmente, se describe un menor riesgo de tromboembolismo, ya que la estasis venosa es menos frecuente.

**Desventajas:** Con este abordaje se corre el riesgo de punción dural accidental en caso de que se desee emplear solamente la técnica epidural. Además, se describen contraindicaciones absolutas y relativas en las cuales uno debería evitar el uso de una técnica neuroaxial (Tabla 3).

**Tabla 3.** Contraindicaciones para una anestesia neuroaxial

<b>Contraindicaciones absolutas</b>	<b>Contraindicaciones relativas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Negación del paciente</li> <li>• Infección en el sitio de inyección</li> <li>• Hipovolemia no corregida</li> <li>• Alergia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coagulopatía</li> <li>• Sepsis</li> <li>• Estados con gasto cardiaco fijo</li> <li>• Enfermedad neurológica indeterminada</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presión intracraneal aumentada</li> </ul>	

*Tabla modificada de (44).*

Las contraindicaciones absolutas incluyen la negación del paciente, infección en el sitio de inyección, hipovolemia severa o no corregida, alergia a alguna de las drogas utilizadas, estados en los cuales el gasto cardiaco es incapaz de aumentar, asimismo, el incremento de la presión intracraneal, a excepción de una hipertensión intracraneal idiopática (44). En pacientes coagulopatas o con tratamiento anticoagulante es posible que se desarrolle un hematoma epidural o, inclusive, infección en el sitio de punción (16). Sin embargo, se han descrito intervenciones neuroaxiales en pacientes de riesgo sin evidenciar sangrados en el espacio epidural (16,48). Aun así, es recomendable discontinuar estos medicamentos antes de que se lleve a cabo la cirugía.

Previamente se consideraba la estenosis aórtica como una contraindicación absoluta para una anestesia espinal; sin embargo, actualmente se ha observado que se puede aplicar sin repercusiones (44). También, se ha generado controversia en cuando a la aplicación de una anestesia espinal en pacientes inmunocomprometidos, en aquellos con esclerosis múltiple o con otras enfermedades desmielinizantes.

Finalmente, se pueden generar complicaciones mayores o menores. Las mayores son raras e incluyen: el trauma directo a la médula espinal con la aguja, infecciones como la meningitis o formación de abscesos, hematoma del canal vertebral, isquemia de la médula espinal, síndrome de cauda equina, aracnoiditis, lesión de nervios periféricos, anestesia espinal total, colapso cardiovascular, y la muerte (44). En cuando a complicaciones moderadas, puede haber un bloqueo

incompleto o insuficiente, requiriendo la conversión a una anestesia general, y una cefalea posterior a punción dural. Se describen complicaciones menores como la hipotensión, que se debe a una vasodilatación por reducción del tono simpático y que afecta la perfusión tisular, náuseas, vómitos, temblores, prurito, hipoacusia transitoria y retención urinaria (38,39,44).

### **3.2.5. Efectos en pacientes con ICFer**

Al efectuarse un bloqueo simpático con la anestesia neuroaxial, es posible el desarrollo de vasodilatación arteriolar, reducción de las resistencias vasculares sistémicas, y cambios en el cronotropismo e inotropismo (44). Estos efectos se dan en especial si el bloqueo involucra fibras de T1-T4. La disminución de la precarga afecta la función ventricular y la fracción de eyección, generando un impacto en el gasto cardiaco y la presión arterial (38,39,44).

La hipotensión asociada a un bloqueo neuroaxial se da principalmente a causa de la vasodilatación y el incremento en la capacitancia del lecho vascular, y el efecto es mayor en una anestesia espinal en comparación con la epidural (44). La reducción de la presión arterial es más acentuada si el bloqueo es más extenso, como en el bloqueo espinal alto.

Al generarse un bloqueo por encima de T4, se afectan las fibras simpáticas cardíacas, causando bradicardia, reducción del gasto cardiaco y una mayor caída de la presión arterial (38,39,44). La bradicardia resulta de una reducción en el estiramiento del músculo a nivel auricular debido a una reducción de la presión de la aurícula derecha (44).

La inhibición directa de la actividad simpática de los nervios que inervan los vasos sanguíneos y la reducción en la liberación endógena de catecolaminas de las glándulas adrenales contribuyen a la vasodilatación venosa y arteriolar (44). El músculo liso de las arteriolas logra mantener un tono autónomo, inclusive con una simpatectomía completa, pero las venas y las vénulas se dilatan completamente. Cabe destacar que hay una mayor cantidad de contenido sanguíneo a nivel venoso en comparación al sistema arterial, influyendo en la predominancia del efecto venodilatador (44).

En general, los pacientes sanos son capaces de tolerar los cambios en las resistencias periféricas y la reducción de la presión arterial luego de una anestesia neuroaxial. Sin embargo, los

pacientes severamente hipovolémicos y aquellos con algún compromiso cardíaco son más propensos a experimentar estados de hipotensión significativos, requiriendo mayor soporte vasopresor e inotrópico (44).

### **3.3. Anestesia regional**

Actualmente, se utiliza cada vez más esta técnica para la cirugía de amputación de MI. Consiste en la administración de anestésico local alrededor de las raíces o ramas de un plexo nervioso o de un nervio específico, produciendo analgesia y anestesia de una zona determinada. El procedimiento se efectúa mediante ultrasonido y un neuroestimulador para localizar el nervio deseado, y utilizando una aguja ecogénica para visualizar su trayecto y evitar complicaciones (44).

#### **3.3.1. Bloqueos regionales**

A continuación, se describen los bloqueos nerviosos que pueden ser utilizados. Se deben tomar en cuenta los dermatomas, miotomas y osteotomas que comprenden cada zona inervada, ya que algunos no pueden ser empleados para una amputación transtibial y otros para una amputación transfemoral (7,44).

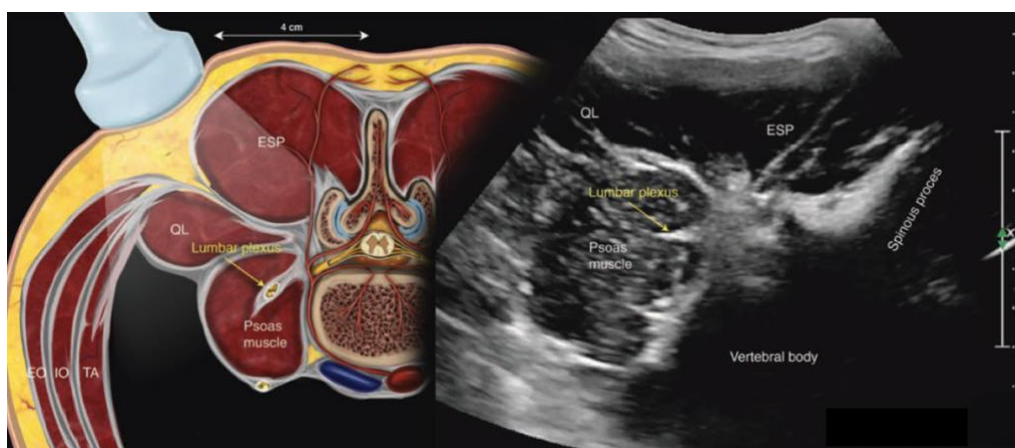
##### *3.3.2.1. Bloqueo de plexo lumbar*

Al bloquear el plexo lumbar se cubre la inervación del nervio femoral, el obturador, el cutáneo femoral lateral y el genitofemoral (7). Se basa en la administración de anestésico local en el plano entre la lámina anterior y posterior del músculo psoas mayor para bloquear la neurotransmisión de las ramas anteriores de los nervios espinales lumbares L2, L3 y L4 (23).

Aunque se utilice guía ultrasonográfica, el bloqueo de plexo lumbar puede generar una dificultad importante al situarse en un plano profundo. Igualmente, existe el riesgo de un intento fallido, una infiltración epidural y posibilidad de toxicidad sistémica y desarrollo de hematoma

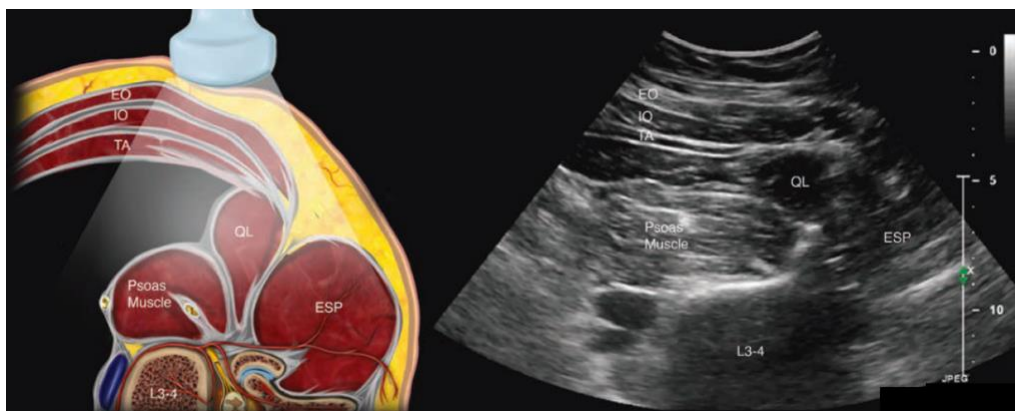
debido a gran vascularidad en la zona lumbar. Además, se puede obtener un bloqueo con calidad anestésica inconsistente, inclusive en combinación con otros bloqueos de nervios periféricos (7).

Para observar el plexo lumbar, se recomienda utilizar el ultrasonido con un transductor curvo y de baja frecuencia, y situarlo 4 cm lateral a la línea media posterior y mantenerlo en una vista oblicua transversa y localizar el espacio intertransverso con el paciente colocado en posición decúbito lateral, con el lado a bloquear hacia arriba. Aquí, se pueden observar el músculo erector de la espina y el músculo psoas superficiales al proceso espinoso y cuerpos vertebrales, y el plexo lumbar como una estructura hiperecótica dentro del músculo psoas (Figura 13).



**Figura 13.** Posición del transductor en una vista oblicua transversa y la imagen ultrasonográfica correspondiente del plexo lumbar. QL, músculo cuadrado lumbar; ESP, músculo erector de la espina; EO, músculo oblicuo externo; IO, músculo oblicuo interno; TA, músculo transverso del abdomen. Imagen modificada de (44).

También, se puede obtener una vista en trébol (*shamrock*), situando el transductor con una orientación medial a nivel del flanco, entre la cresta ilíaca y el borde costal (Figura 14) (23,44). Al inclinar el transductor hacia caudal se puede observar el proceso transversal de L4, el cual forma el tallo del trébol y siendo las hojas los tres músculos que lo rodean (el psoas mayor, el cuadrado lumbar y el erector de la espina) (23). Este abordaje es la técnica más recomendada para visualizar el plexo lumbar.



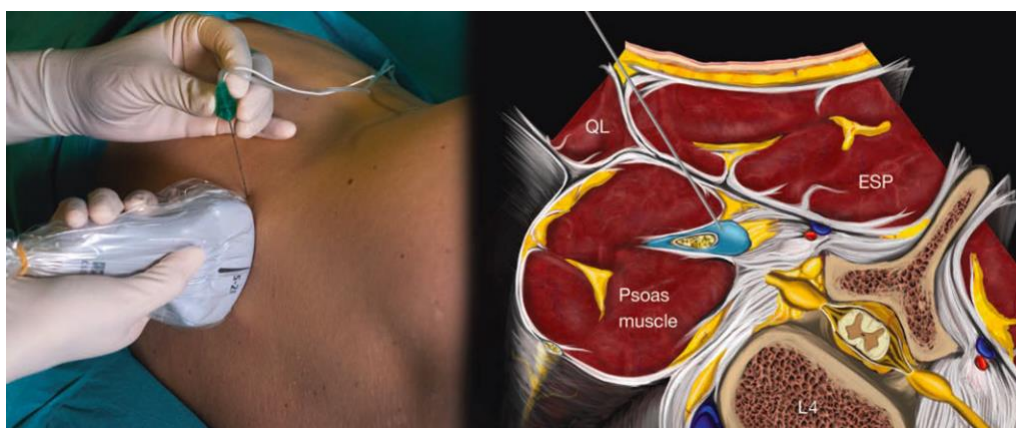
**Figura 14.** Posición del transductor y la reproducción de la vista ultrasonográfica en trébol (shamrock) de un bloqueo de plexo lumbar. QL, músculo cuadrado lumbar; ESP, músculo erector de la espina; EO, músculo oblicuo externo; IO, músculo oblicuo interno; TA, músculo transversal del abdomen. Imagen modificada de (44).

En este escenario, se recomienda utilizar bupivacaína 0.5% para una analgesia prolongada, con un volumen recomendado de 20 – 25 mL. El transductor puede ser situado de manera sagital o transversal. En la primera, el transductor se coloca 4 cm lateral a la línea media y se identifican los procesos transversos lumbares, viendo el “signo de tridente” por el ultrasonido. El plexo lumbar se observa como una estructura longitudinal hiperecótica en el tercio posterior del músculo psoas. La aguja se inserta fuera de plano o en plano, desde el extremo caudal del transductor y a nivel de L3 o L4 (Figura 15).

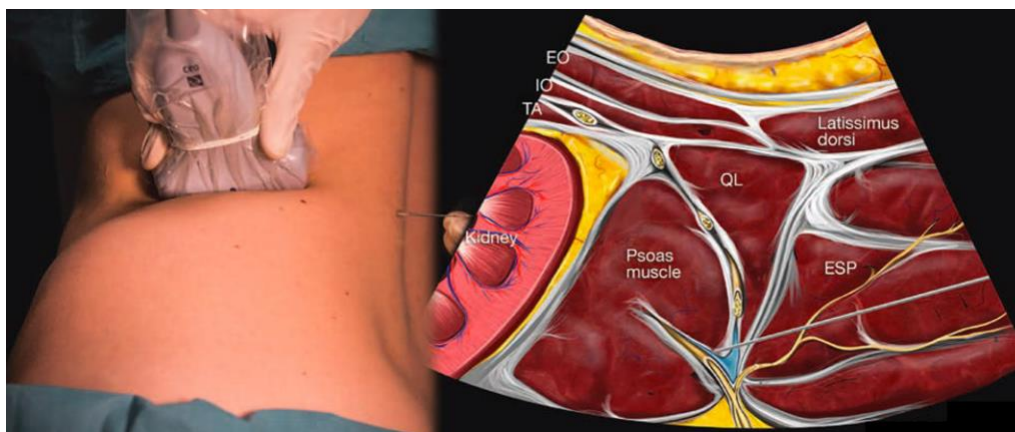


**Figura 15.** Inserción de la aguja fuera de plano del bloqueo de plexo lumbar sagital y la imagen de la anatomía ultrasonográfica respectiva. TP, proceso transverso. Imagen modificada de (44).

En posición transversa, se describen dos vistas: vista transversa oblicua, situando el transductor 4 cm lateral de los procesos espinosos por encima de la cresta ilíaca; y en trébol (*shamrock*), situando el transductor en el flanco, por encima de la cresta ilíaca y con orientación medial (Figura 16 y 17). La aguja se inserta en plano, 4 cm lateral a la línea media, posterior al músculo psoas, y la punta de la aguja se debe situar lateral al plexo lumbar. Las arterias segmentarias lumbares de la aorta abdominal se sitúan lateral a las vértebras lumbares y medial al plexo lumbar. El plexo lumbar se observa posteromedial, dentro del compartimento intrapsoas (el compartimento interfascial entre la lámina anterior y posterior del músculo psoas mayor) (23). El plexo es hiperecótico, de forma oval o redondeada cuando se visualiza de manera axial con el ultrasonido.

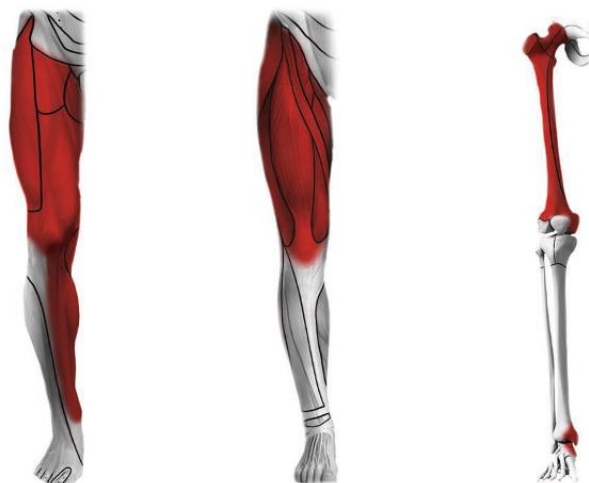


**Figura 16.** Bloqueo de plexo lumbar en vista transversa oblicua y la imagen de la anatomía ultrasonográfica respectiva. QL, músculo cuadrado lumbar; ESP, músculo erector de la espina. Imagen modificada de (44).



**Figura 17.** Bloqueo de plexo lumbar en vista de trébol y la imagen de la anatomía ultrasonográfica respectiva. QL, músculo cuadrado lumbar; ESP, músculo erector de la espina; EO, músculo oblicuo externo; IO, músculo oblicuo interno; TA, músculo transverso del abdomen. *Imagen modificada de (44).*

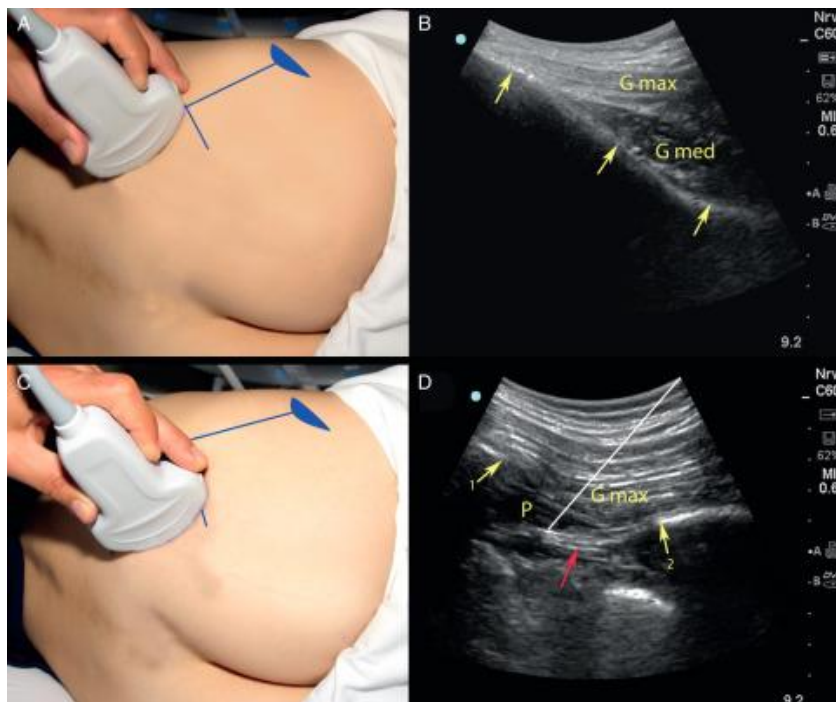
En la Figura 18 se puede observar la distribución del bloqueo anestésico y analgésico de los dermatomas, miotomas y osteotomas correspondientes.



**Figura 18.** Distribución de dermatomas, miotomas y osteotomas implicados en el bloqueo de plexo lumbar. *Imagen modificada de (44).*

### 3.3.2.2. Bloqueo de plexo sacro

Este bloqueo se combina con el bloqueo del plexo lumbar para obtener una anestesia completa del MI. Se realiza un abordaje parasacro, utilizando un transductor de ultrasonido curvo de baja frecuencia (49,50). El mismo se posiciona entre la espina iliaca posterosuperior y el punto medio de la línea que la conecta con el trocánter mayor. Luego se identifica la línea del hueso iliaco (Figura 19 A y B). El transductor se mueve inferomedial de manera paralela, hasta localizar el orificio ciático. Este es el punto exacto por donde el plexo sacro sale de la pelvis (50). Seguidamente, se inclina el transductor ligeramente hacia caudal hasta observar una estructura hiperecoica, lo que sería el plexo sacro (Figura 19 C y D). La aguja es avanzada en plano de lateral hacia medial hasta el plexo sacro y por lo general, se administran 20 mL de bupivacaína al 0.5%.



**Figura 19.** Para un bloqueo del plexo sacro mediante un abordaje parasacro. El transductor se sitúa entre la espina iliaca posterosuperior y el trocánter mayor (A). Con el ultrasonido se observa una línea continua hiperecoica del hueso iliaco (líneas amarillas) (B). Al mover de manera paralela el transductor (C), se localiza el margen superior del foramen ciático mayor, se pierde la continuidad del hueso iliaco, y se observa el plexo sacro profundo al músculo piriforme. La aguja (línea blanca) se avanza en plano, de lateral a medial, hasta que la punta alcance el plexo (D). Gmax, músculo glúteo mayor; Gmed, músculo glúteo medio; P, músculo piriforme; flecha amarilla 1, hueso sacro; flecha amarilla 2, isquion; flecha roja, plexo sacro. Imagen tomada de (49).

En la Figura 20 se pueden observar las zonas comprometidas en el bloqueo del plexo sacro.

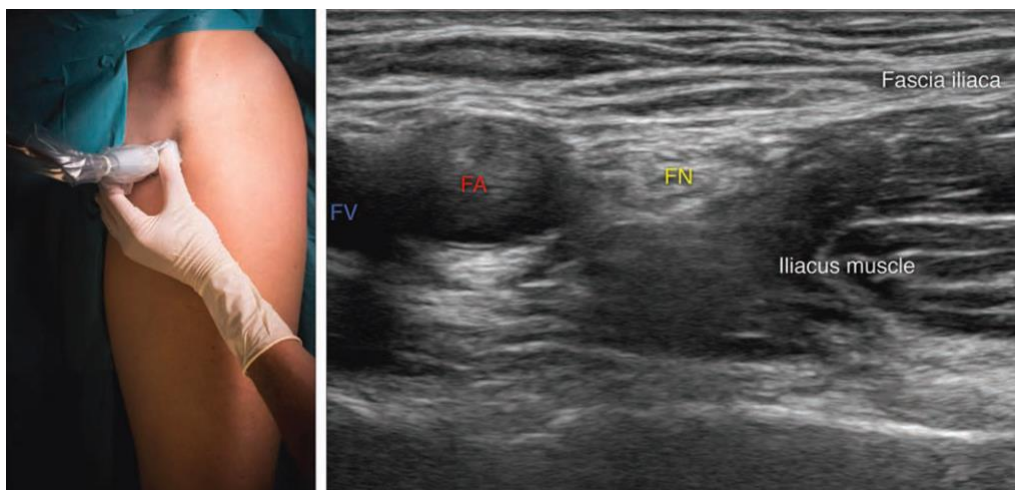


**Figura 20.** Distribución de dermatomas, miotomas y osteotomas implicados en el bloqueo de plexo sacro. Imagen modificada de (51).

### 3.3.2.3. Bloqueo de nervio femoral

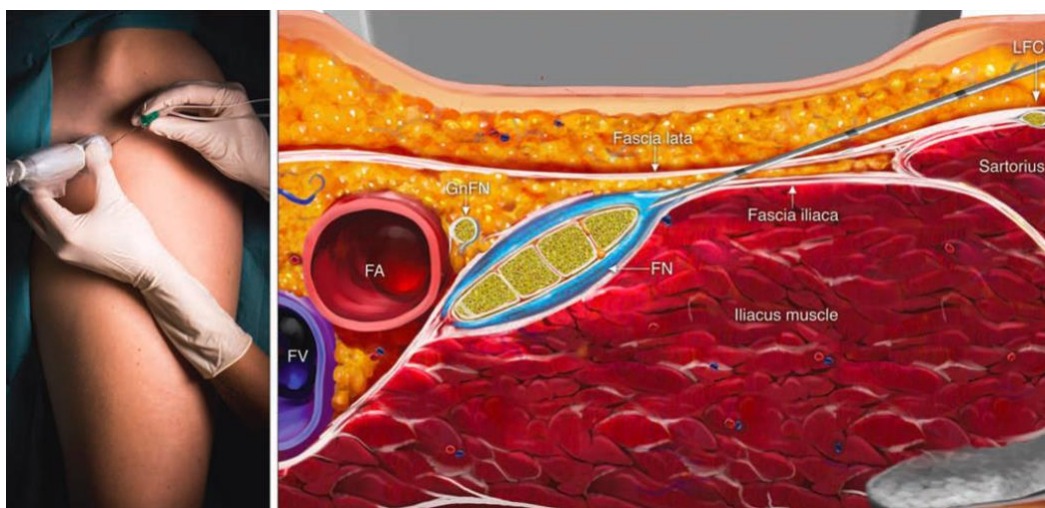
El nervio femoral se sitúa superficialmente sobre el músculo ilíaco a nivel del pliegue inguinal, y lo cubre la fascia ilíaca. De manera común, está lateral al paquete vascular femoral y se visualiza con ultrasonido como un grupo de fascículos ovales, típicamente a una profundidad de 2 – 4 cm (25,44).

Se utiliza un transductor lineal y de alta frecuencia, con un anestésico local de efecto prolongado como bupivacaína 0.5% y un volumen de 10 – 15 mL. Con el paciente en posición supina, se sitúa el transductor sobre el pliegue inguinal. Se visualiza el paquete vascular, diferenciando la arteria femoral de la vena por ser pulsátil y no compresible (Figura 21). Si se observa la bifurcación de la arteria femoral, el transductor debe ser deslizado más proximal para intentar bloquear el nervio femoral de manera completa.



**Figura 21.** Posición del transductor sobre el pliegue femoral y la sonoanatomía del nervio femoral. FN, nervio femoral; FV, vena femoral; FA, arteria femoral. Imagen modificada de (44).

La aguja regional se avanza en plano de lateral a medial hacia el borde del nervio femoral. Se desea entrar a través de la fascia iliaca, hasta situar la punta en el espacio entre las dos capas de la fascia que contiene el nervio femoral (Figura 22).



**Figura 22.** Inserción de la aguja regional en plano y la anatomía ultrasonográfica correspondiente. FN, nervio femoral; FV, vena femoral; FA, arteria femoral; GnFN, nervio genitofemoral. Imagen modificada de (44).

Este bloqueo produce una anestesia a nivel anterior de la cadera, muslo y rodilla, al igual que el aspecto medial del tobillo y el pie (Figura 23).

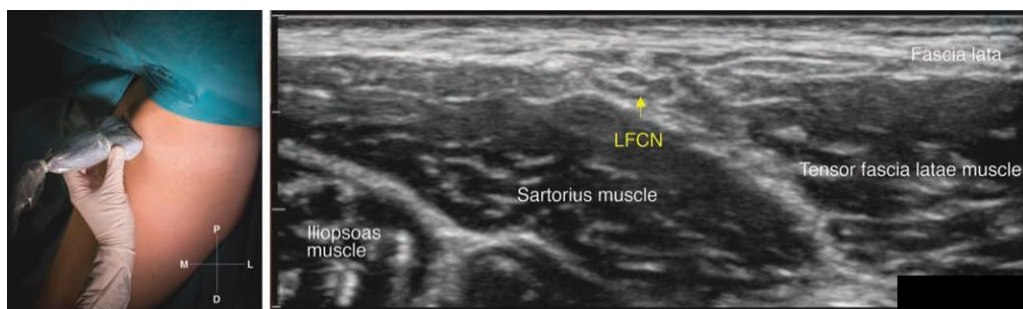


**Figura 23.** Distribución de dermatomas, miotomas y osteotomas implicados en el bloqueo de nervio femoral. Imagen modificada de (44).

#### 3.3.2.4. Bloqueo de nervio cutáneo femoral lateral

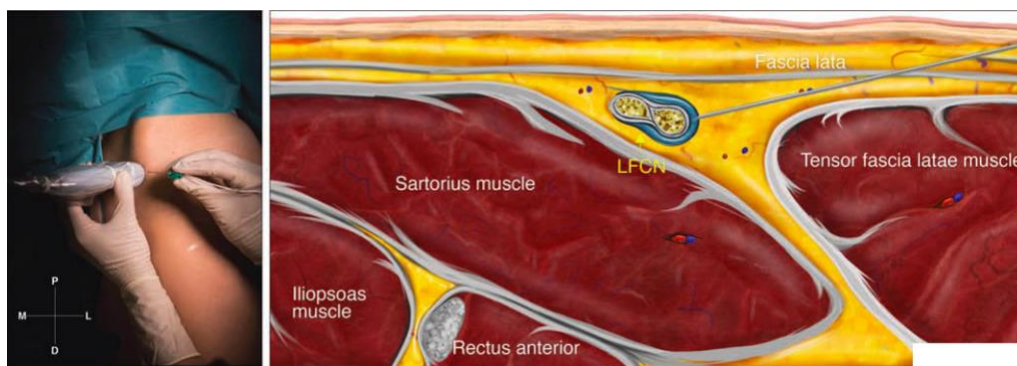
El bloqueo del nervio cutáneo femoral lateral (NCFL) asiste a la anestesia de la piel de la cara anterolateral del muslo. El nervio se sitúa a nivel de la espina ilíaca anterosuperior, medial a la inserción del músculo sartorio.

El paciente se coloca en posición supina y se utiliza el ultrasonido con el transductor lineal. Primero, se identifica la espina ilíaca anterosuperior con el transductor con orientación transversa y distal, hasta encontrar al músculo sartorio. El nervio se observa como una estructura hipocóica de 0.5 – 2 cm rodeada de un espacio adiposo, debajo de la piel entre la fascia lata y la fascia superficial del músculo sartorio (Figura 24).



**Figura 24.** Posición del transductor y sonoanatomía del NCFL. Imagen modificada de (44).

La aguja se avanza en plano o fuera de plano, hasta penetrar la fascia lata y situar la punta al lado del nervio. Se utiliza lidocaína 2% o bupivacaína 0.5%, con un volumen de 5 – 10 mL (Figura 25).



**Figura 25.** Inserción de la aguja regional en plano y anatomía ultrasonográfica del bloqueo de NCFL. Imagen modificada de (44).

Provee anestesia sensorial de la porción anterolateral del muslo, pero el territorio inervado puede ser variable (Figura 26).

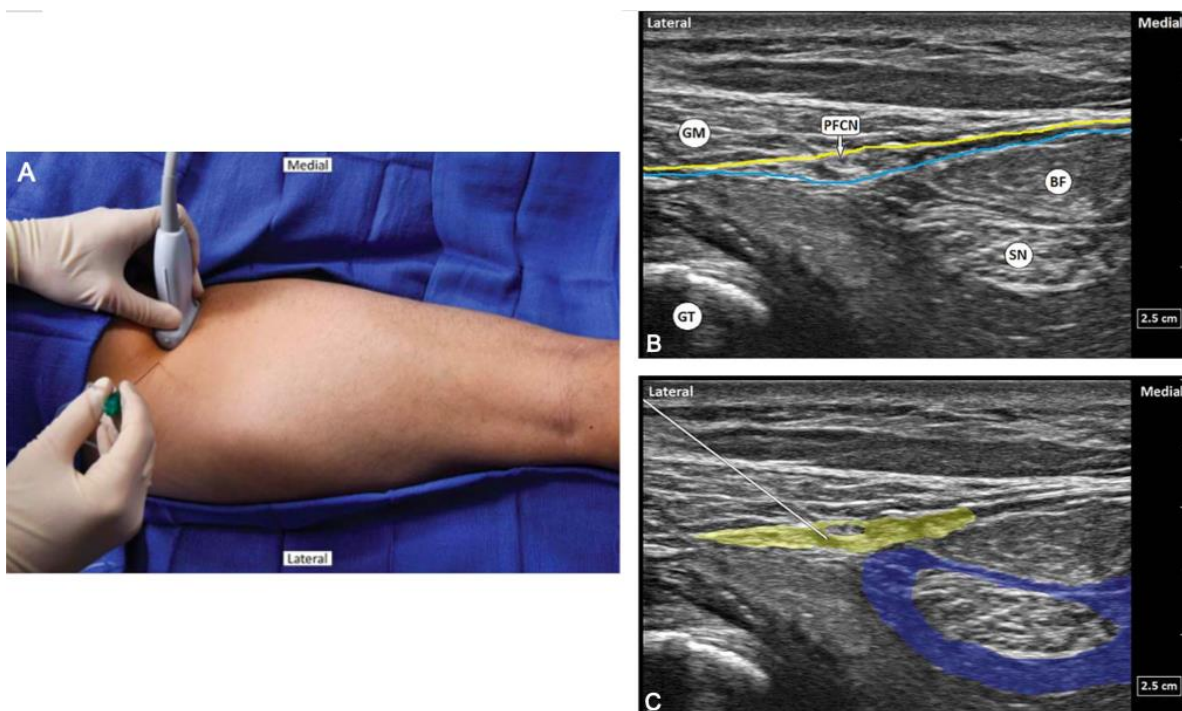


**Figura 26.** Distribución de dermatomas implicados en el bloqueo del NCFP. Imagen modificada de (44).

#### 3.3.2.5. Bloqueo de nervio cutáneo femoral posterior

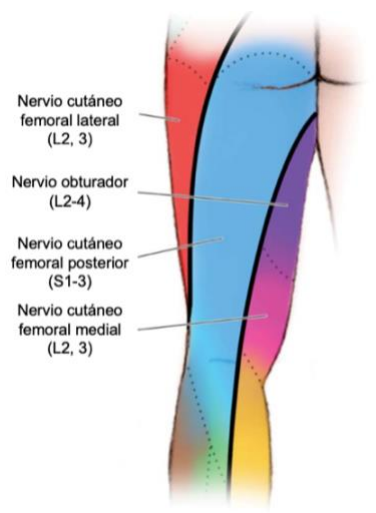
Se requiere del bloqueo del nervio cutáneo femoral posterior (NCFP) para una anestesia completa de la cara posterior del muslo. Viaja junto al nervio ciático a través de la región glútea y se empiezan a separar a nivel del muslo, con el NCFP pasando superior al músculo bíceps femoral.

Para el bloqueo regional, el paciente se coloca en decúbito prono, se utiliza un transductor lineal con orientación transversa a nivel del pliegue glúteo. Se identifica el trocánter mayor y la cabeza larga del músculo bíceps femoral. Luego, se puede observar el nervio ciático lateral o profundo a la cabeza larga del músculo bíceps femoral y al NCFP superficial o lateral al nervio ciático, profundo al músculo glúteo mayor y a la fascia lata (Figura 27 B). La aguja se avanza en plano, de lateral a medial hacia el NCFP, profundo a la fascia lata (Figura 27A y C). Por lo general, se instilan 10 mL de anestésico local (bupivacaína al 0.5%). Se puede aprovechar este acceso para realizar un bloqueo ciático infraglúteo.



**Figura 27.** Inserción de la aguja regional en plano (A) y anatomía ultrasonográfica del bloqueo del NCFP (B) con la disposición de lo que sería anestésico local alrededor del NCFP (amarillo) y el nervio ciático (azul) (C). BF, cabeza larga del músculo bíceps femoral; GT, trocánter mayor; GM, músculo glúteo mayor. Imagen modificada de (28).

El NCFP provee inervación cutánea a la porción posterior del muslo y la fosa poplítea (Figura 28).

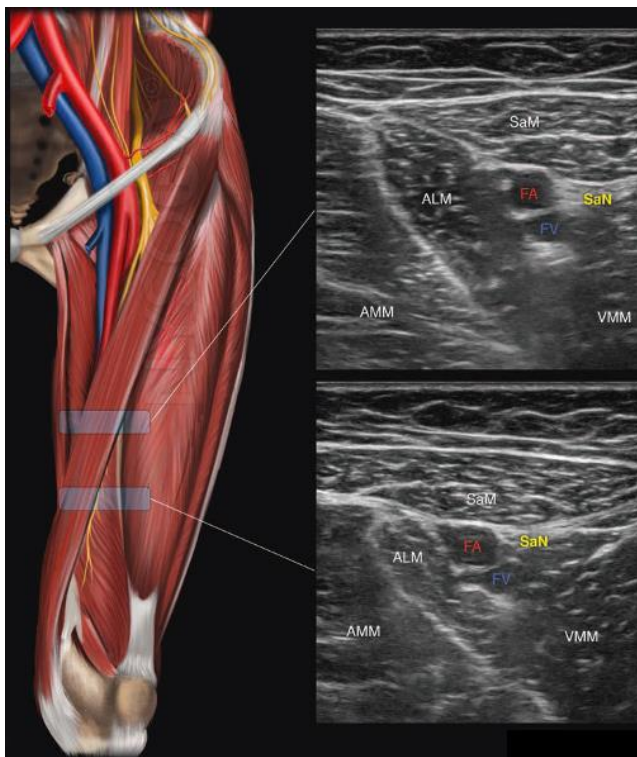


**Figura 28.** Distribución de dermatomas implicados en el bloqueo del NCFP. Imagen modificada de (27).

### 3.3.2.6. Bloqueo de nervio safeno

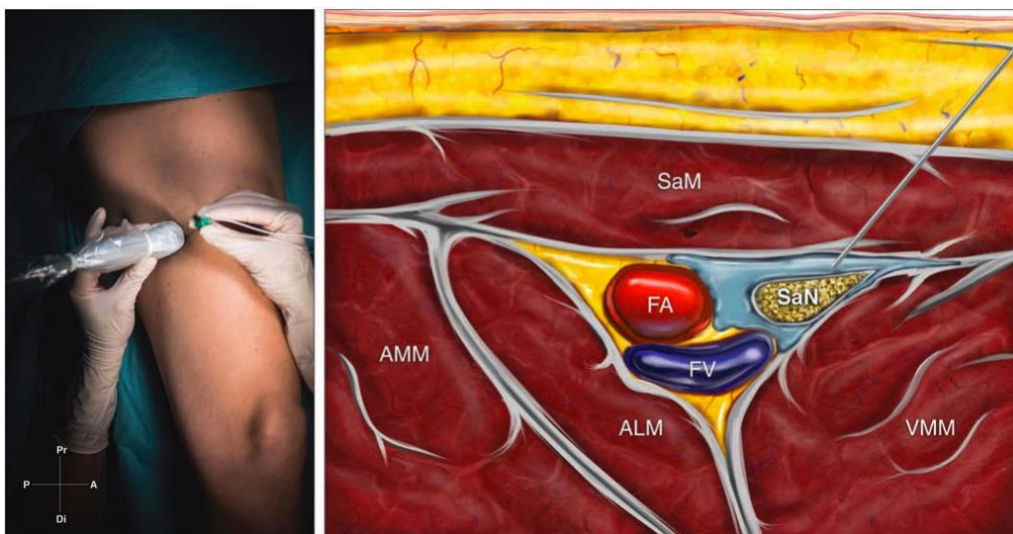
El nervio safeno puede ser bloqueado en dos niveles: bloqueo de canal de los aductores y bloqueo del triángulo femoral (44). El primero, pretende anestesiarse el aspecto medial de la pierna, tobillo y pie. El segundo, consiste en una inyección proximal al canal de los aductores, incluyendo la anestesia de ramas terminales del nervio femoral para una mejor analgesia.

Al colocar el transductor en plano transversal, el canal de los aductores se observa como un espacio de forma triangular, delimitado por el músculo sartorio y la membrana vastoconductora (superficial), por el músculo vasto medial (anterolateral), por el músculo aductor largo y mayor (posteromedial). El paciente se coloca en posición supina y con la rodilla levemente flexionada y con rotación externa. Con el transductor a nivel de tercio medio del muslo, la arteria femoral se visualiza, al igual que el músculo sartorio. El ápice del triángulo femoral se identifica entre el borde medial del músculo sartorio y el borde medial del músculo aductor largo. Si se desea bloquear el canal de los aductores, se continúa distal a este límite (Figura 29).



**Figura 29.** Límites ultrasonográficos del triángulo femoral (superior) y el canal de los aductores (inferior). SaM, músculo sartorio; SaN, nervio safeno; FA, arteria femoral; FV, vena femoral; VMM, músculo vasto medial; ALM, músculo aductor largo. Imagen modificada de (44).

La aguja se avanza en plano de lateral a medial hasta la fascia profunda del músculo sartorio y lateral a la arteria femoral (Figura 30).



**Figura 30.** Posición del ultrasonido con la inserción en plano de la aguja y la anatomía ultrasonográfica respectiva para el bloqueo del canal de los adductores. SaM, músculo sartorio; SaN, nervio safeno; FA, arteria femoral; FV, vena femoral; VMM, músculo vasto medial; ALM, músculo adductor largo; AMM, músculo adductor mayor. Imagen modificada de (44).

Se utiliza un transductor lineal, con bupivacaína de 0.25 a 0.5%, con un volumen de 5 – 10 mL.

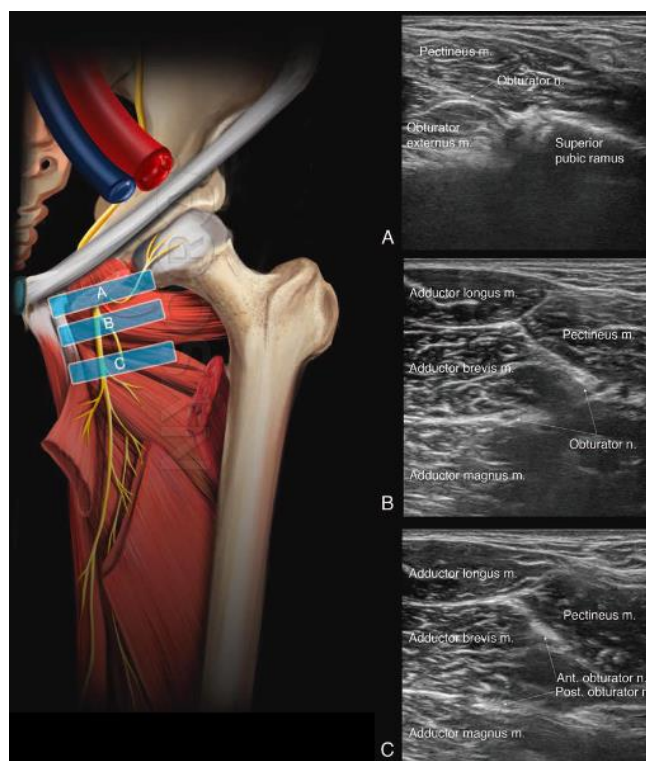
Este bloqueo produce anestesia del aspecto medial de la pierna por debajo de la rodilla, el tobillo y el pie (Figura 31).



**Figura 31.** Distribución de dermatomas, miotomas y osteotomas implicados en el bloqueo de nervio safeno. Imagen modificada de (44).

### 3.3.2.7. Bloqueo de nervio obturador

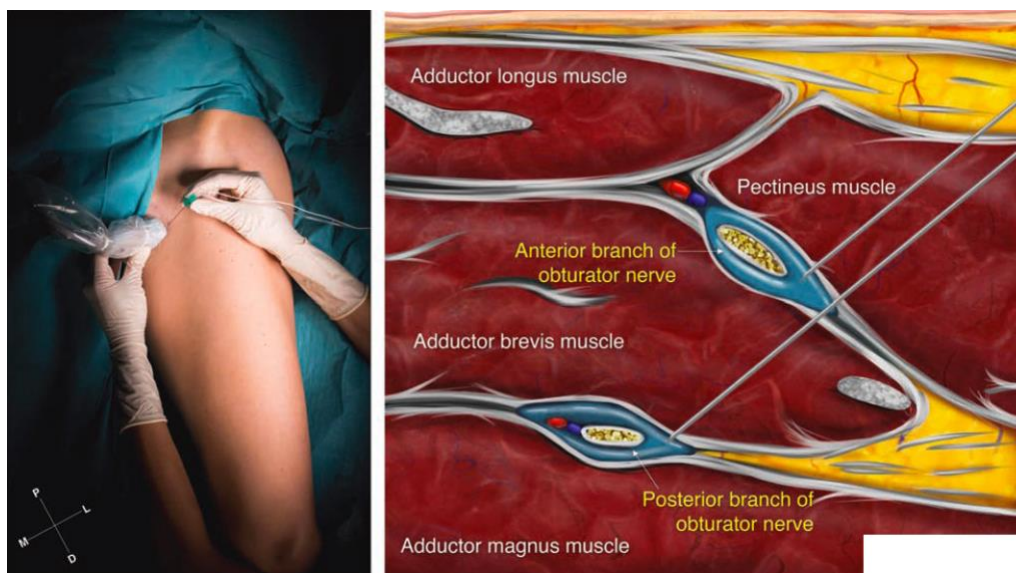
Las ramas del nervio obturador viajan superficial al músculo obturador externo y profundo al músculo pectíneo, a nivel del ligamento inguinal y distal al foramen obturador (44). Luego, se dividen hasta el músculo aductor corto. A nivel más distal, la rama anterior se sitúa entre el músculo aductor largo y corto. La rama posterior corre entre el músculo aductor corto y mayor (Figura 32).



**Figura 32.** Anatomía ultrasonográfica del nervio obturador al salir del foramen obturador (A), al acercarse al músculo aductor corto (B), y a nivel del músculo aductor corto. Imagen modificada de (44).

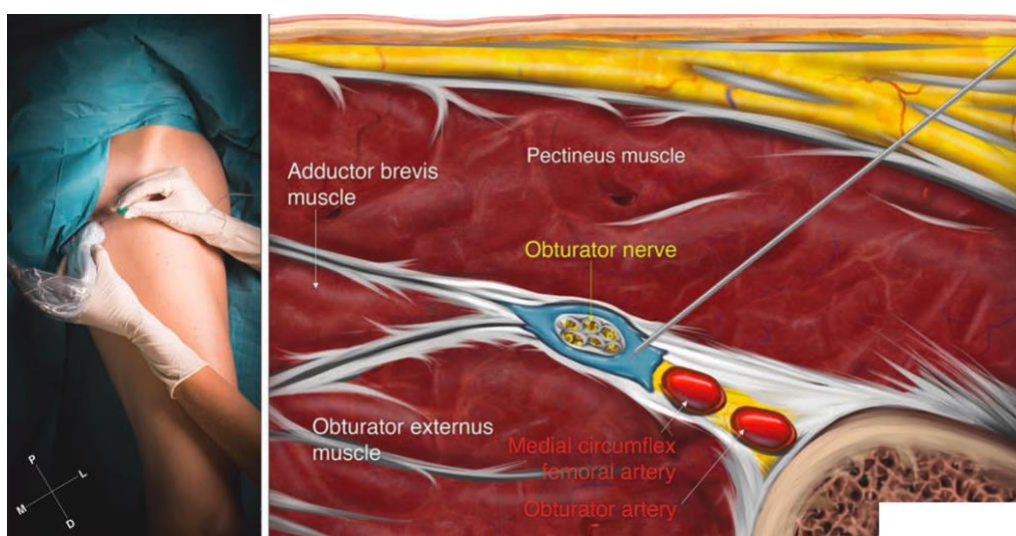
Se utiliza un transductor lineal o curvo, administrando lidocaína 2% o bupivacaína 0.5% dependiendo del efecto deseado. Al ser un bloqueo interfascial, se desea un volumen de 10 – 15 mL. El paciente se sitúa en posición supina, con abducción y rotación externa de la cadera. El ultrasonido se sitúa perpendicular al pliegue inguinal y se identifican los vasos femorales. Seguidamente, el transductor se desliza hacia medial para identificar el músculo pectíneo y los músculos aductores.

Para una aproximación distal, la aguja regional se avanza en plano o fuera de plano hasta el plano interfascial entre el músculo aductor largo y corto para la rama anterior y entre el músculo aductor corto y el mayor para la rama posterior (Figura 33).



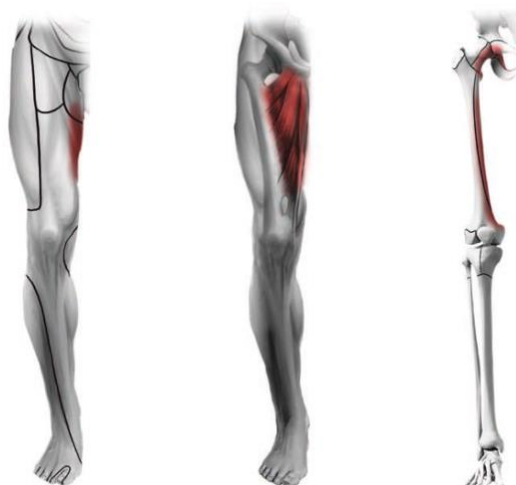
**Figura 33.** Bloqueo distal del nervio obturador. Obsérvese la inserción de la aguja en plano y la anatomía ultrasonográfica respectiva. Imagen modificada de (44).

Para un bloqueo proximal, la aguja se inserta en plano de lateral a medial hacia el plano interfascial entre el músculo pectíneo y el músculo obturador externo (Figura 34).



**Figura 34.** Bloqueo proximal del nervio obturador. Obsérvese la inserción de la aguja en plano y la anatomía ultrasonográfica respectiva. Imagen modificada de (44).

En la Figura 35 se aprecia la inervación del nervio obturador, contribuyendo en la acción motora y sensitiva. La rama de la cadera puede no ser bloqueada en una aproximación distal y la inervación cutánea puede ser variable e inconstante.



**Figura 35.** Distribución de dermatomas, miotomas y osteotomas implicados en el bloqueo de nervio obturador. Imagen modificada de (44).

#### 3.3.2.8. Bloqueo de nervio ciático

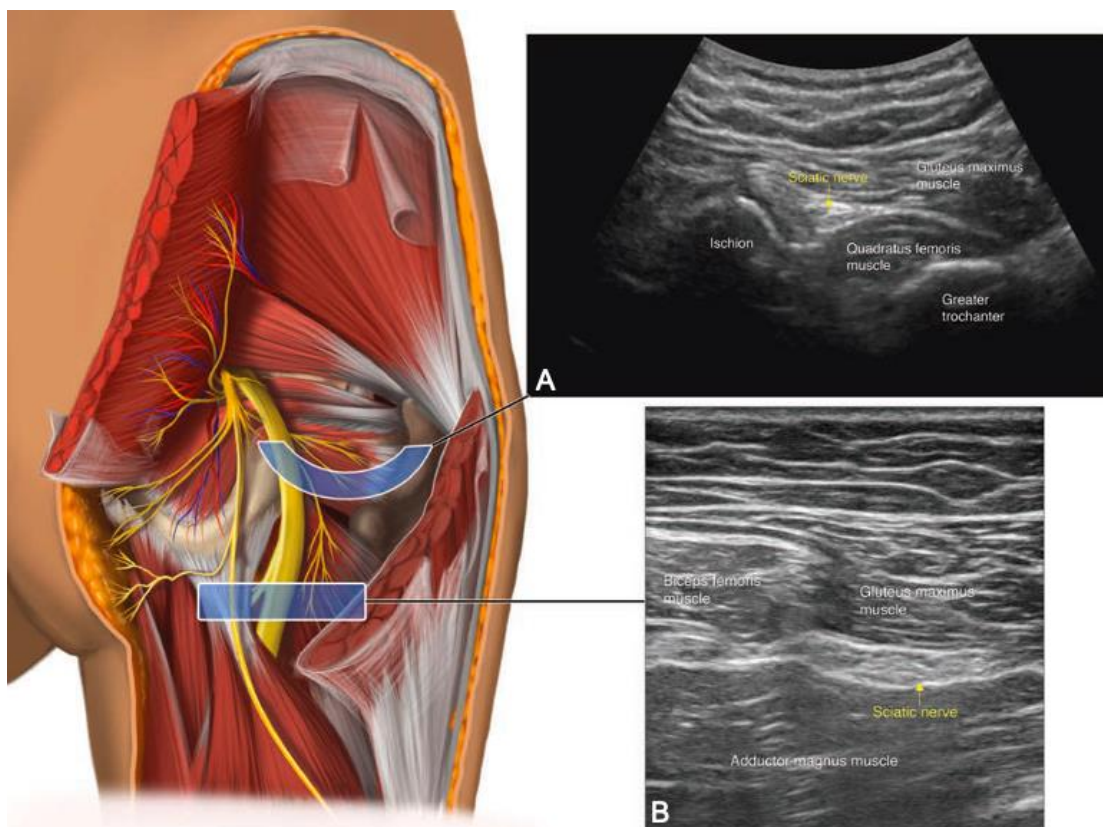
El nervio ciático puede ser abordado en distintos niveles, ya sea proximal o distal, y situando la aguja de manera posterior, lateral o anterior. Esto va a depender también del nivel de bloqueo deseado.

Para el bloqueo del nervio ciático, se utiliza bupivacaína 0.5%, con un volumen de 20 mL.

##### 3.3.2.8.1. Nivel glúteo

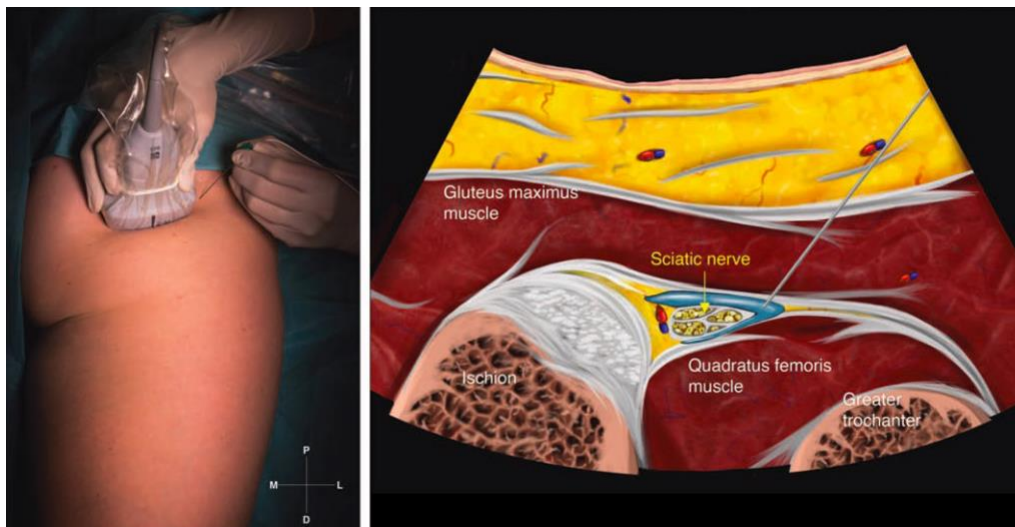
A este nivel y utilizando el transductor curvo, el nervio se percibe entre el músculo glúteo máximo y los músculos profundos (29,44). Al situar el transductor entre el trocánter mayor y la tuberosidad del isquion, el músculo glúteo mayor se observa más superficial y el cuadrado femoral

más profundo. El nervio se observa como una estructura triangular hiperecoica entre el plano muscular, cerca de la tuberosidad del isquion (Figura 36 A).



**Figura 36.** Sonoanatomía del nervio ciático a nivel glúteo (A) y a nivel subglúteo (B). Imagen modificada de (44).

El paciente se posiciona en decúbito lateral, con el MI a bloquear flexionado (posición de Sim), o en decúbito prono. El nervio se localiza entre el músculo glúteo mayor y el aductor mayor. La aguja se avanza en plano de lateral a medial hacia el borde lateral del nervio ciático (Figura 37).

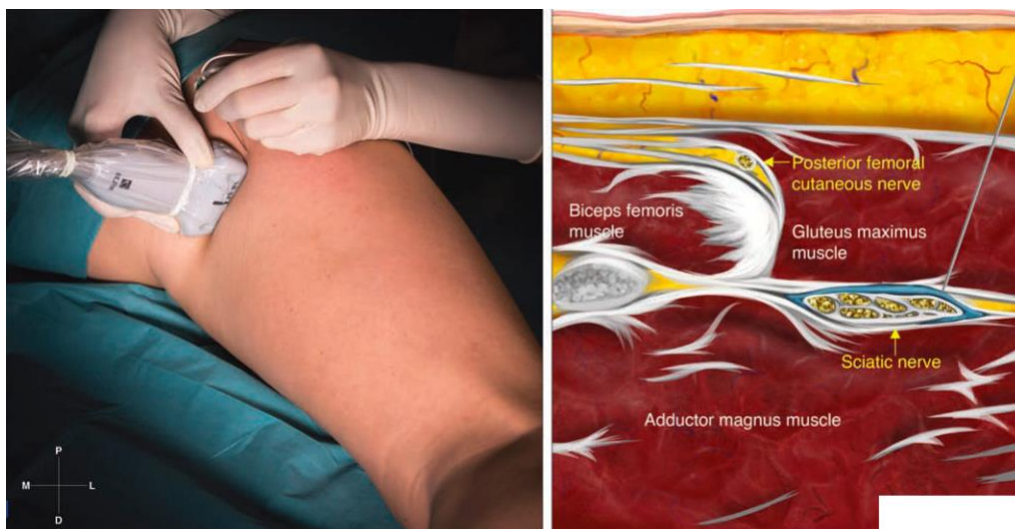


**Figura 37.** Bloqueo en plano del nervio ciático a nivel glúteo y su anatomía por ultrasonido respectiva. Imagen modificada de (44).

#### 3.3.2.8.2. Nivel subglúteo

Un poco más distal, el nervio ciático puede ser bloqueado a nivel subglúteo (Figura 36 B) (8,32,44). Aquí, el músculo glúteo mayor se evade y el bloqueo se puede facilitar. Al igual que el bloqueo a nivel glúteo, el paciente se coloca en posición de Sim o en decúbito prono. El nervio se localiza entre el músculo glúteo mayor y el aductor mayor.

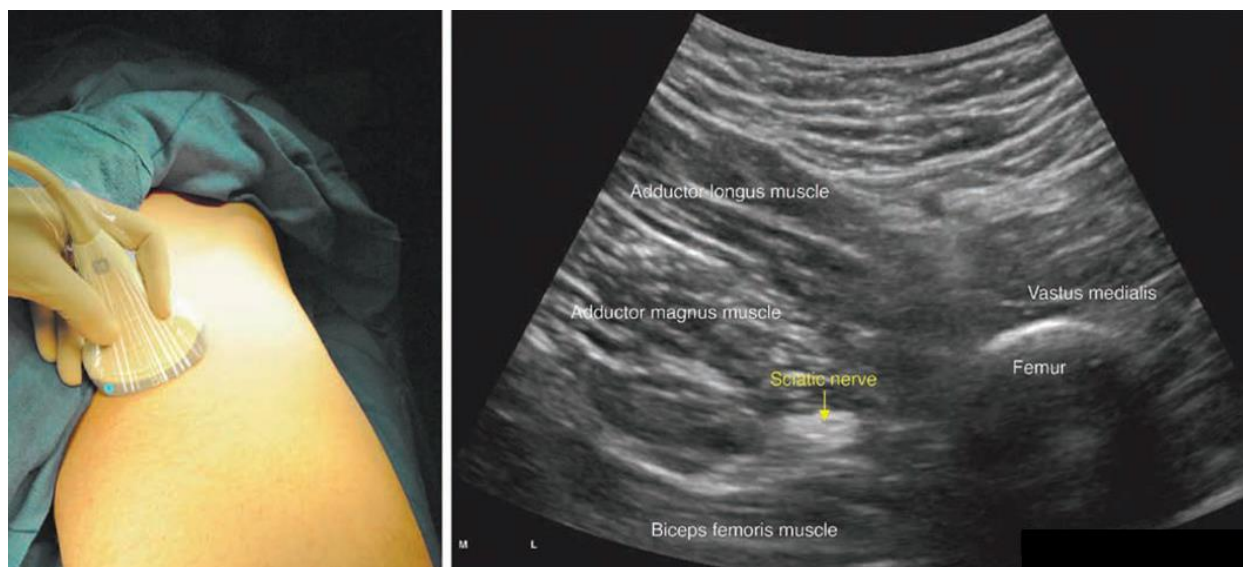
Al colocar el transductor curvo o linear sobre el pliegue glúteo, el nervio ciático se visualiza como una estructura triangular e hiperecoica entre la fascia intermuscular. La aguja se avanza en plano de lateral a medial hacia el borde lateral del nervio ciático, dentro del plano interfascial (Figura 38).



**Figura 38.** Bloqueo en plano del nervio ciático a nivel subglúteo y su anatomía por ultrasonido respectiva. Imagen modificada de (44).

### 3.3.2.8.3. Nivel anterior

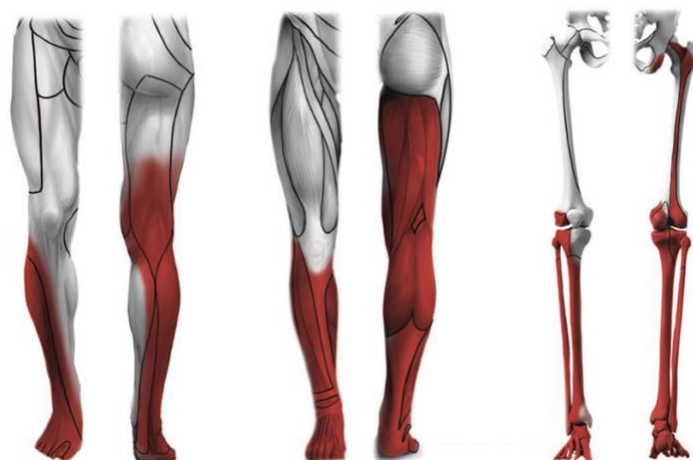
A nivel proximal del muslo, el nervio ciático puede ser bloqueado con un acceso anterior (31,44). Se observan los vasos femorales, el fémur y el nervio ciático como una estructura hiperecoica en el plano interfascial entre el músculo aductor mayor y músculo bíceps femoral a una profundidad de aproximadamente 6 – 8 cm (Figura 39).



**Figura 39.** Sonoanatomía del nervio ciático con una aproximación anterior. Imagen modificada de (44).

El paciente se posiciona en decúbito supino, con la cadera en abducción y rotación externa. La aguja se inserta en plano o fuera de plano, hacia el nervio ciático dentro del plano interfascial.

La distribución del bloqueo del nervio ciático a nivel glúteo, subglúteo y anterior se puede observar en la Figura 40.



**Figura 40.** Distribución de dermatomas, miotomas y osteotomas implicados en el bloqueo de nervio ciático a nivel glúteo, subglúteo y anterior. Imagen modificada de (44).

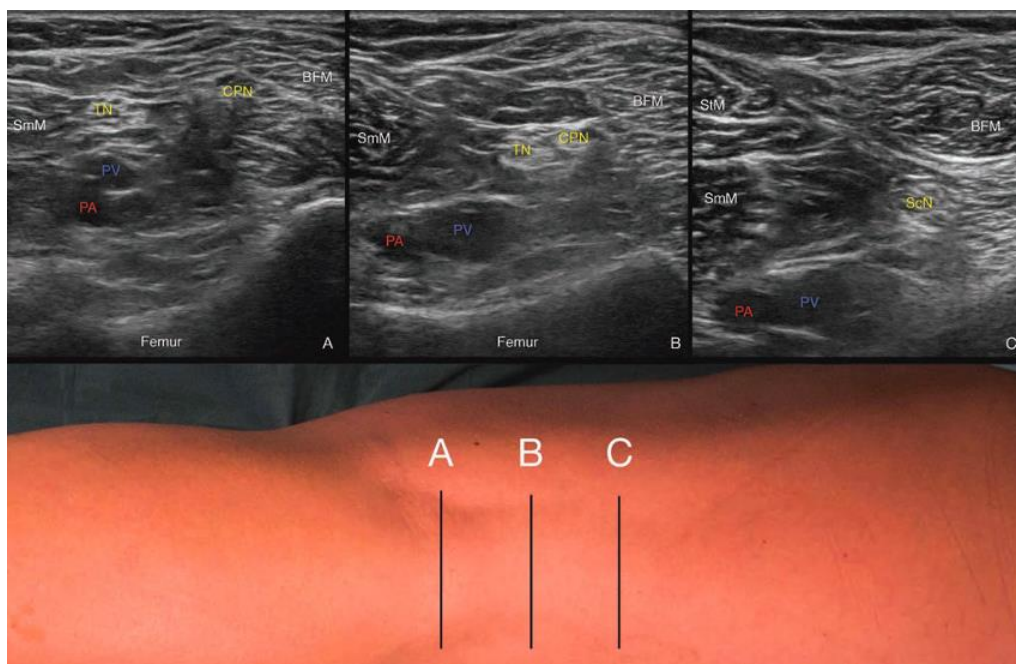
Cabe mencionar que, si el bloqueo del nervio ciático se realiza en un nivel proximal, el NCFP podría ser cubierto también. Sin embargo, hay una alta probabilidad de fallo (glúteo 4 – 9%, subglúteo 32% y anterior hasta un 85%), por lo que se recomienda abordar estos nervios de manera individual para cirugías de amputación de MI (27).

#### 3.3.2.8.4. Nivel poplíteo

A este nivel, se produce un bloqueo por debajo de la rodilla, a excepción de la piel del aspecto medial de la pierna, y puede ser realizado con diferentes posiciones y aproximaciones (30,44). Con el transductor lineal en el pliegue poplíteo se localiza la arteria poplítea a una profundidad de 2 – 4 cm entre los cóndilos femorales. La vena poplítea se sitúa posterior a la arteria y el nervio tibial está posterolateral a la vena. El nervio peroneo común se localiza anterior al tendón del bíceps femoral (Figura 41 A).

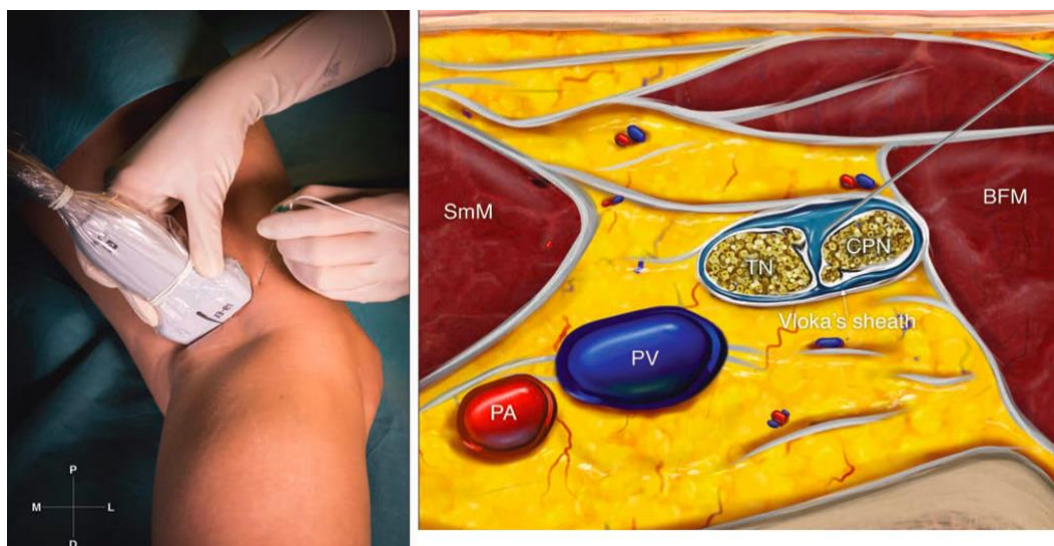
Si se coloca el transductor a nivel de la división del nervio ciático, el nervio tibial y el nervio peroneo común se visualizan envueltos por la cápsula de Vloka y los vasos poplíteos divididos por una capa adiposa (Figura 41 B).

Aún más proximal, se pueden observar los vasos poplíteos más profundos y el nervio ciático anterior a la cabeza larga del músculo bíceps femoral (Figura 41 C).



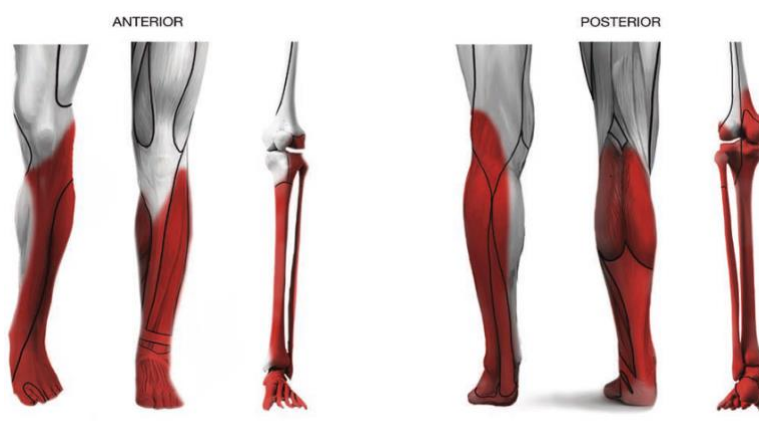
**Figura 41.** Sonoanatomía del nervio ciático a nivel del pliegue poplíteo (A), en la división del nervio tibial (TN) y el nervio peroneo común (CPN) (B), y a nivel proximal de la división (C). BFM, músculo bíceps femoral; ScN, nervio ciático; PV, vena poplítea; PA, arteria poplítea; SmM, músculo semimembranoso; StM, músculo semitendinoso. Imagen modificada de (44).

La aguja es insertada en plano (o fuera de plano), con dirección de lateral a medial y es avanzada hasta encontrar el espacio entre el nervio tibial y el nervio peroneo común (Figura 42).



**Figura 42.** Bloqueo en plano del nervio ciático a nivel poplíteo y su anatomía por ultrasonido respectiva. TN, nervio tibial; CPN, nervio peroneo común; PA, arteria poplíteo; PV, vena poplíteo; SmM; músculo semimembranoso; BFM, músculo bíceps femoral. Imagen modificada de (44).

En la Figura 43 se puede apreciar la distribución del bloqueo del nervio ciático a nivel poplíteo.



**Figura 43.** Distribución de dermatomas, miotomas y osteotomas implicados en el bloqueo de nervio ciático poplíteo. Imagen modificada de (44).

### 3.3.2. Ventajas y desventajas

**Ventajas:** Al utilizar una técnica de anestesia regional, se promueve una movilización temprana, mayor efecto analgésico en el postoperatorio, menor riesgo de tromboembolismo, menor necesidad de transfusiones, menor incidencia de complicaciones respiratorias y arritmias, menor estancia hospitalaria e incidencia de delirio postoperatorio, un menor costo y mayor rapidez para regresar a las actividades diarias (3,10,20,46). Además, tiene un impacto positivo sobre la morbimortalidad, particularmente en pacientes adultos mayores. También, la necesidad de una unidad de cuidados intensivos en el postoperatorio es menos frecuente (21,46,52).

La estabilidad hemodinámica es notoria al no utilizarse agentes cardiodepresores administrados en una inducción anestésica, ni el efecto simpaticolítico generalizado de un bloqueo neuroaxial. Incluso, se ha observado que el uso de vasopresores también es menor en estos pacientes (52). Cabe destacar que se produce un bloqueo simpático local con una vasodilatación consecuente. Esto genera un flujo sanguíneo aumentado, una mejoría en la perfusión microvascular, una mayor oxigenación tisular, y menor incidencia de sepsis (6).

Al igual que con la anestesia neuroaxial, se evitan las complicaciones respiratorias y cardiovasculares asociadas a la anestesia general (20). Los pacientes pueden permanecer conscientes o con leve sedación durante la cirugía y la recuperación es más rápida (1). Asimismo, se reduce la incidencia de náuseas y vómitos en el postoperatorio.

La analgesia en el transoperatorio y el postoperatorio es mayor, reduciendo la necesidad de opioides de rescate y sus efectos secundarios. Se puede adicionar en algunos casos un catéter perineural, prolongando aún más la analgesia mediante bolos o infusión de anestésico local, ayudado incluso en el proceso de rehabilitación. Además, cabe destacar la menor incidencia y severidad del dolor fantasma luego de la amputación del MI (10,20,46).

Finalmente, estas técnicas son una opción en pacientes coagulopáticos (8). Algunos bloqueos se realizan en zonas compresibles, disminuyendo la incidencia de hematomas y, a diferencia de un bloqueo neuroaxial, no hay riesgo de un hematoma epidural.

**Desventajas:** Aunque se utilice guía ultrasonográfica y neuroestimulador, existe el riesgo de lesión nerviosa al insertar la aguja directamente al nervio. Esto puede producir parestesias y dolor neuropático en ocasiones permanente. Por otro lado, la punción de vasos sanguíneos que se sitúa cerca de los nervios a bloquear puede provocar la formación de hematomas.

En algunos casos, puede que el bloqueo no sea suficiente y que haya que convertir la anestesia a una general. Otras veces, la anatomía del paciente o la inexperiencia del operador dificultan la ejecución del bloqueo regional.

Si se efectúa una inyección intravascular y se exceden las dosis recomendadas de los anestésicos locales, puede haber una absorción inadecuada de los estos y producir una toxicidad sistémica por anestésicos locales (LAST) y, de no ser tratado adecuadamente, puede tener consecuencias mortales.

Por último, al existir una discontinuidad de la barrera de la piel, se puede desarrollar una infección del sitio de punción, en especial si no se hace la asepsia y antisepsia adecuada.

### **3.3.3. Efectos en pacientes con ICFEr**

La anestesia regional provee una mayor estabilidad hemodinámica en comparación con otras técnicas y produce menos complicaciones (3). No suele producir hipotensión al no bloquear el sistema simpático de manera amplia, lo que es crucial en pacientes con FEVI. La precarga no se ve afectada directamente al no desarrollarse una vasodilatación venosa generalizada, y tampoco hay efectos directos sobre la poscarga, manteniendo la función ventricular y el gasto cardiaco estable.

El estrés quirúrgico y la demanda de oxígeno es menor gracias a la analgesia y anestesia que se produce con esta técnica. Se reduce la necesidad de sedación durante el procedimiento quirúrgico, además de una menor cantidad de dosis de opiodes de rescate y se evitan sus efectos secundarios, principalmente la hipotensión (44).

## **Capítulo 4. Discusión**

### **4.1. Consideraciones generales**

Los pacientes con ICFEr representan un estado clínico con cambios funcionales y estructurales del corazón, y en el cual el gasto cardiaco es insuficiente, lo que puede llevar a la mala perfusión y repercutiendo de manera negativa al funcionamiento de órganos vitales (11). La fisiopatología de la ICFEr afecta la contractilidad del corazón, disminuyendo el gasto cardiaco y exponiendo el corazón a cambios significativos cuando la precarga y la poscarga se ven alterados (35,36,38).

Es por esta condición, que a la hora de elegir la técnica de anestésica para una cirugía como lo es la amputación del MI, esta debe procurar afectar lo menos posible al estado hemodinámico de estos pacientes (53,54).

La cirugía de amputación del MI, ya de base, puede tender a generar un sangrado importante en el transoperatorio, al mismo modo que un estrés significativo y un esfuerzo cardiaco exigente. Y, en pacientes con ICFEr, estos cambios pueden generar un efecto mayor. Al utilizar una técnica anestésica regional, como el bloqueo de nervios periféricos, se intentan evitar los efectos hemodinámicos deletéreos que pudieran ocasionar una anestesia general o neuroaxial.

### **4.2. Consideraciones hemodinámicas en pacientes con ICFEr para cirugía de amputación de MI**

La cirugía de amputación de MI se puede desarrollar utilizando diversas técnicas anestésicas. Sin embargo, no todas producen el mismo efecto hemodinámico en el transoperatorio, y eso puede perjudicar a los pacientes con ICFEr.

Se pueden desarrollar grandes fluctuaciones hemodinámicas durante una anestesia general, sobre todo por los medicamentos utilizados durante la inducción y el mantenimiento (3,19,38,39). La presión arterial puede disminuir debido a una vasodilatación sistémica, depresión miocárdica y bradicardia, o pueden haber episodios hipertensivos durante la laringoscopia directa o por aumento de la respuesta nociceptiva (19–21,45,46).

Con una anestesia neuroaxial, si bien es cierto que la estabilidad hemodinámica es mucho mayor, el efecto simpaticolítico producido por los anestésicos locales a nivel intratecal o epidural, pueden perjudicar el casto cardíaco (4,38,39). Es posible el desarrollo de vasodilatación arteriolar, reducción de las resistencias vasculares sistémicas, y cambios en el cronotropismo e inotropismo cardíaco (44).

En diversos estudios se han descrito las ventajas de una anestesia regional, y los pacientes con una FEVI reducida se pueden ver ampliamente beneficiados (20–22). La estabilidad hemodinámica sin duda es una gran ventaja, al disminuir el riesgo de hipotensión y los menores efectos sobre la precarga y la poscarga. También, el menor estrés quirúrgico y demanda de oxígeno hacen que exista una menor probabilidad de daños al miocardio, ya comprometido en pacientes con ICFEr.

### **4.3. Inervación implicada en la amputación transtibial y transfemoral del MI**

El MI tiene una inervación amplia, constituida por el plexo lumbar y el plexo sacro (44,55). A la hora de emplear la técnica anestésica deseada, se debe tomar en cuenta la distribución de los dermatomas, miotomas y osteotomas que se pueden afectar ya sea para una amputación transtibial o transfemoral.

La anestesia regional, tiene la gran ventaja de lograr bloquear regiones específicas, además de evitar los efectos hemodinámicos adversos de otras técnicas. No obstante, para lograr una técnica anestésica adecuada, con la menor tasa de falla y riesgo de conversión a una anestesia general, el abordaje debe ser preciso y bloquear los nervios periféricos implicados en las zonas afectadas por cada cirugía.

#### **4.3.1. Consideraciones para una amputación transfemoral de MI**

Esta zona quirúrgica suele ser inervada por una gran cantidad de estructuras, y se requiere de bloqueos de nervios proximales. Deben ser cubiertas las cuatro zonas del muslo: anterior, posterior, medial y lateral.

Para anestesiarse la cara anterolateral del muslo, se puede realizar un bloqueo de nervio femoral (8,25,44). No obstante, la zona lateral de la piel del muslo está inervada por el NCFL, por lo que también debería de ser abordado (44,55). Como otra opción, se podría realizar un bloqueo de plexo lumbar, cubriendo la cara anterior, medial y lateral de la piel muslo, del paquete muscular y del fémur.

Para la zona posterior del muslo, se puede realizar un bloqueo de nervio ciático a nivel proximal, ya sea glúteo, subglúteo o anterior (29,31,32,44). Sin embargo, como se mencionó previamente, hay un alto riesgo de fallo del bloqueo de la piel de la cara posterior del muslo, por lo que también se debe bloquear el NCFP de manera individual (27,44,55). Para que todas estas zonas también queden cubiertas, se podría realizar un bloqueo del plexo sacro (49,50).

Por último, para la región medial del muslo, se debe realizar un bloqueo del nervio obturador (44). Con este bloqueo, se cubre la piel de la zona medial, el músculo obturador y la zona medial del fémur. Al realizar un bloqueo de plexo lumbar, estas regiones también se ven cubiertas (23,43,44).

#### **4.3.2. Consideraciones para una amputación transtibial de MI**

Para esta cirugía, no suele ser necesario el bloqueo de paquetes nerviosos tan proximales, evitando efectos adversos que pueden perjudicar la rehabilitación del paciente.

El bloqueo del nervio ciático poplíteo da una anestesia amplia del MI por debajo de la rodilla (30,44). No obstante, la piel de la cara medial de la pierna, el tobillo y el pie está dado por el nervio safeno. Este también debería ser bloqueado utilizando un abordaje de canal de los aductores o de triángulo femoral (44). También, se podría realizar un bloqueo de nervio ciático a nivel proximal (glúteo, subglúteo o anterior), pero tampoco quedaría cubierta la cara anterior de la pierna, tobillo y el pie, por lo que habría que adicionar un bloqueo de nervio safeno.

## Capítulo 5. Conclusiones

Se investigó sobre las implicaciones hemodinámicas que conlleva realizar una amputación de MI transtibial y transfemoral en pacientes con ICFEr con distintas técnicas anestésicas, y los beneficios que brinda utilizar una anestesia regional para estos procedimientos.

Las conclusiones más relevantes obtenidas a partir de la revisión bibliográfica realizada fueron:

1. Los pacientes con ICFEr tienen un riesgo de morbimortalidad mayor para cirugía de amputación de MI en comparación con pacientes sin esta patología.
2. La anestesia regional con bloqueo de nervios periféricos genera una estabilidad hemodinámica mayor en pacientes con ICFEr en comparación con una anestesia general o neuroaxial.
3. El MI posee una amplia inervación, y se debe diferenciar ya sea para una amputación transtibial o una transfemoral.
4. Existen diferentes abordajes para bloquear los nervios implicados en la inervación del MI, y se deben elegir las mejores opciones dependiendo si es una amputación transtibial o transfemoral.

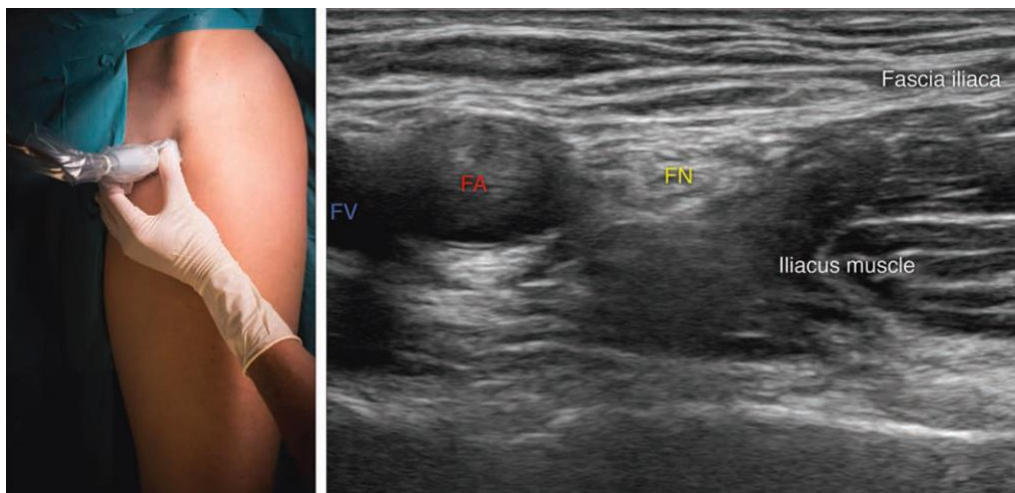
## Capítulo 6. Anexos

### 6.1. Ficha Técnica

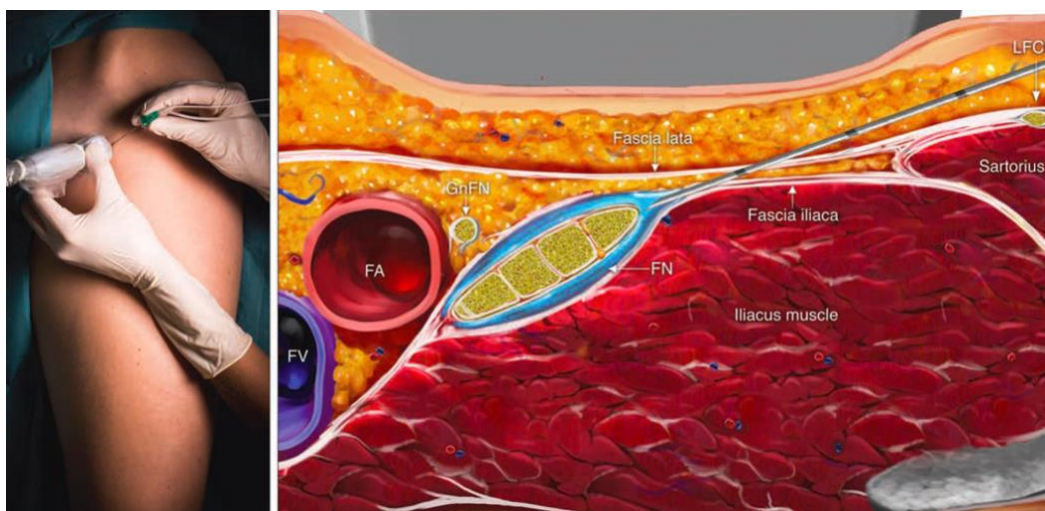
Consideraciones del manejo anestésico	Observaciones
1. Realizar una historia clínica y examen físico detallados del paciente.	Determinar la fracción de eyección y el grado de insuficiencia cardíaca.
2. Definir con el equipo quirúrgico el tipo de cirugía a realizar.	¿Es una amputación transfemoral o transtibial?
3. Cerciorarse de que los requisitos preoperatorios estén completos.	Consentimiento informado, reserva de hemocomponentes, laboratorios prequirúrgicos, etc.
4. Monitorizar signos vitales del paciente previo al acto quirúrgico.	De ser pertinente, optar por un monitoreo hemodinámico invasivo.
5. De ser necesario, premedicar al paciente previo al bloqueo regional.	Utilizar ansiolíticos y sedantes para que el paciente esté más confortable.
6. Asegurarse de que todas las herramientas a utilizar previo al bloqueo regional funcionen adecuadamente y que los medicamentos sean los correctos, con una fecha de vencimiento vigente.	Revisar el ultrasonido, neuroestimulador, agujas ecogénicas, etc.
7. Tomar en cuenta el funcionamiento adecuado de los monitores, máquina de anestesia, equipo de resucitación, disponibilidad de fármacos, fuente de oxígeno para el tratamiento de complicaciones que se puedan dar durante el procedimiento.	Realizar la comprobación de los equipos y reportar en caso de irregularidades.
8. Prevenir y proporcionar el tratamiento apropiado en caso de complicaciones relacionadas al procedimiento.	Tener a disposición emulsión lipídica de uso intravenoso, dispositivos para el manejo de vía aérea, medicamentos de soporte cardiovascular avanzado, etc.
9. Elegir la mejor opción de bloqueo de nervio periférico para asegurar una adecuada anestesia y analgesia transoperatoria. Considerar el nivel de la amputación, existencia de infección o anomalías en el sitio de infección, entre otros.	<p>Opciones para amputación transfemoral:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bloqueo de n. femoral + NCF + n. ciático proximal (abordaje anterior, glúteo o subglúteo) + NCF + n. obturador.</li> <li>2. Bloqueo de plexo lumbar + plexo sacro.</li> <li>3. Bloqueo de plexo lumbar + n. ciático proximal (abordaje anterior, glúteo o subglúteo) + NCF.</li> <li>4. Bloqueo de plexo sacro + n. femoral + NCF + n. obturador.</li> </ol> <p>Opciones para amputación transtibial:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bloqueo de n. ciático poplíteo + n. safeno.</li> <li>2. Bloqueo de n. ciático poplíteo + n. femoral.</li> <li>3. Bloqueo de n. ciático poplíteo + plexo lumbar.</li> <li>4. Bloqueo de n. ciático proximal (abordaje anterior, glúteo o subglúteo) + n. safeno.</li> <li>5. Bloqueo de n. ciático proximal (abordaje anterior, glúteo o subglúteo) + n. femoral.</li> <li>6. Bloqueo de n. ciático proximal (abordaje anterior, glúteo o subglúteo) + plexo lumbar.</li> <li>7. Bloqueo de plexo sacro + n. safeno.</li> <li>8. Bloqueo de plexo sacro + n. femoral.</li> <li>9. Bloqueo de plexo sacro + plexo lumbar.</li> </ol>

## 6.2. Imágenes de bloqueos regionales a utilizar para amputación transfemoral de MI

### 6.2.1. Nervio femoral



**Figura 44.** Posición del transductor sobre el pliegue femoral y la sonoanatomía del nervio femoral. FN, nervio femoral; FV, vena femoral; FA, arteria femoral. Imagen modificada de (44).

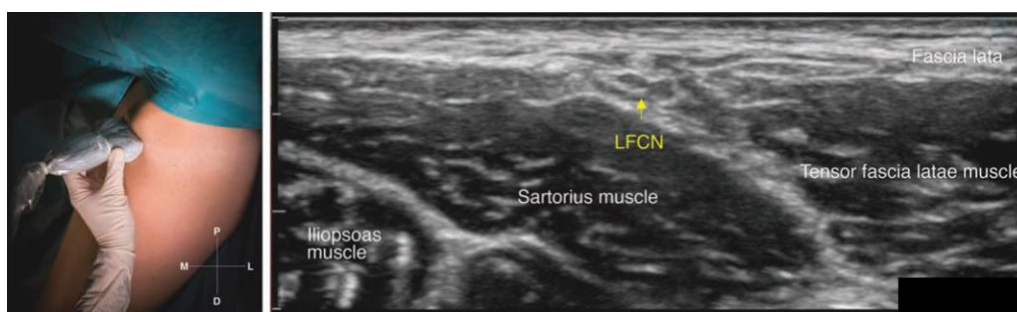


**Figura 45.** Inserción de la aguja regional en plano y la anatomía ultrasonográfica correspondiente. FN, nervio femoral; FV, vena femoral; FA, arteria femoral; GnFN, nervio genitofemoral. Imagen modificada de (44).

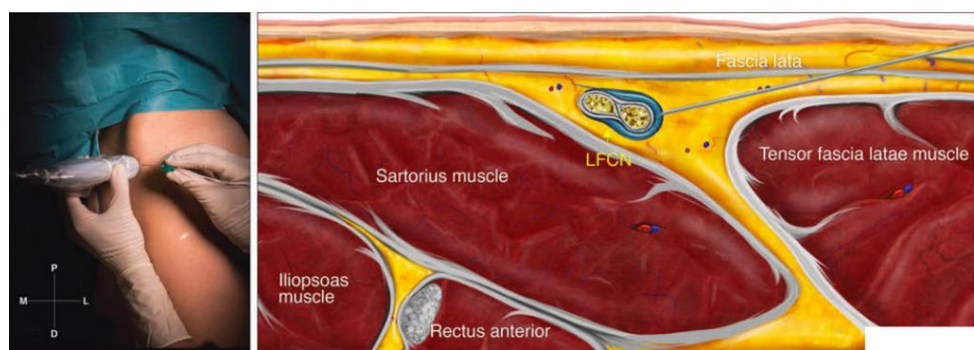


**Figura 46.** Distribución de dermatomas, miotomas y osteotomas implicados en el bloqueo de nervio femoral. Imagen modificada de (44).

### 6.2.2. Nervio cutáneo femoral lateral



**Figura 47.** Posición del transductor y sonoanatomía del NCFL. Imagen modificada de (44).

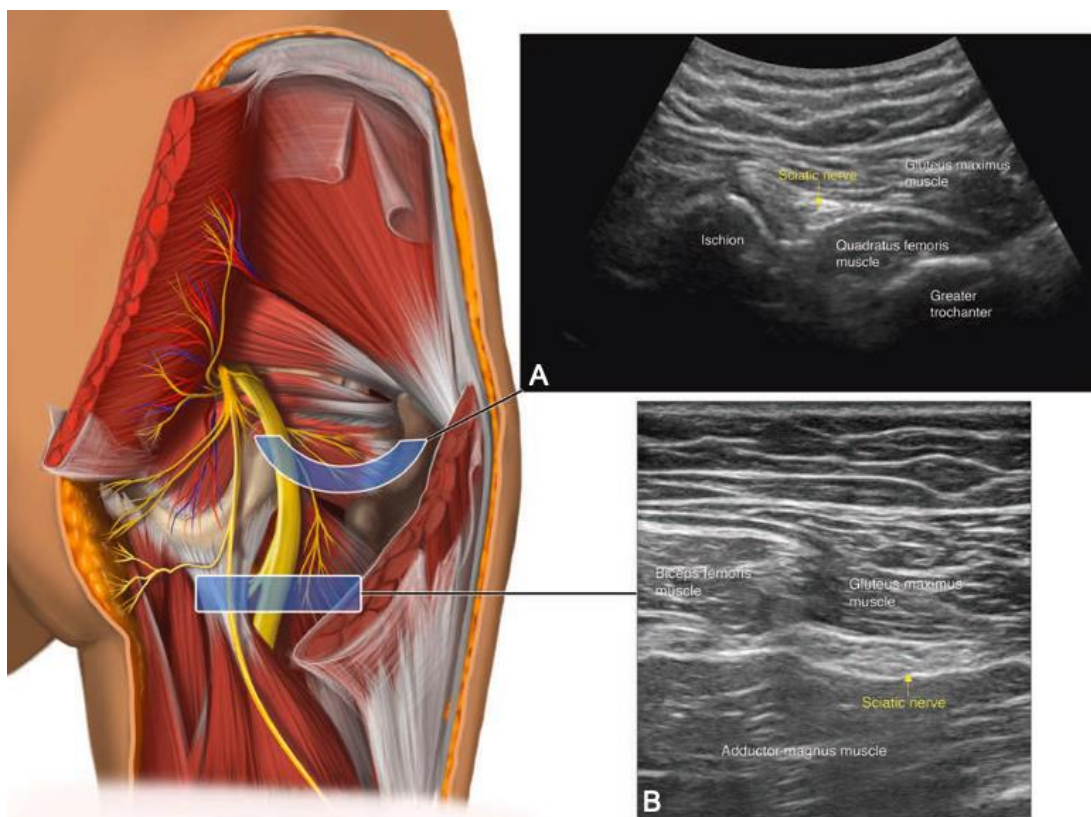


**Figura 48.** Inserción de la aguja regional en plano y anatomía ultrasonográfica del bloqueo de NCFL. Imagen modificada de (44).

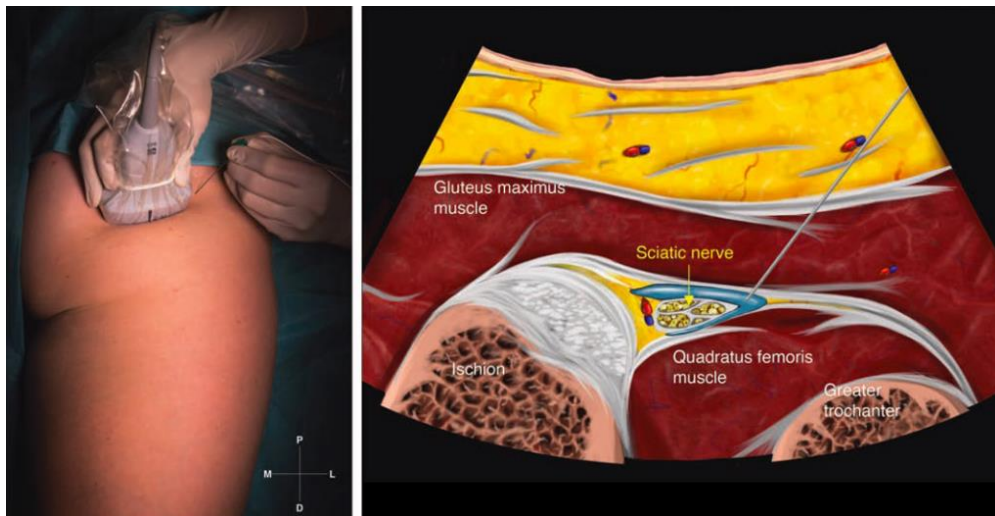


**Figura 49.** Distribución de dermatomas implicados en el bloqueo del NCFL. Imagen modificada de (44).

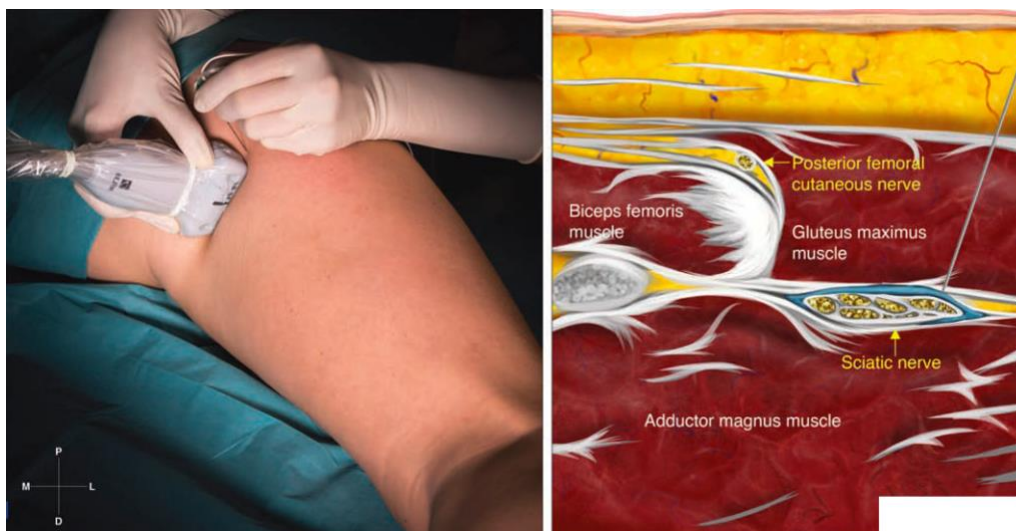
### 6.2.3. Nervio ciático a nivel glúteo, subglúteo y anterior



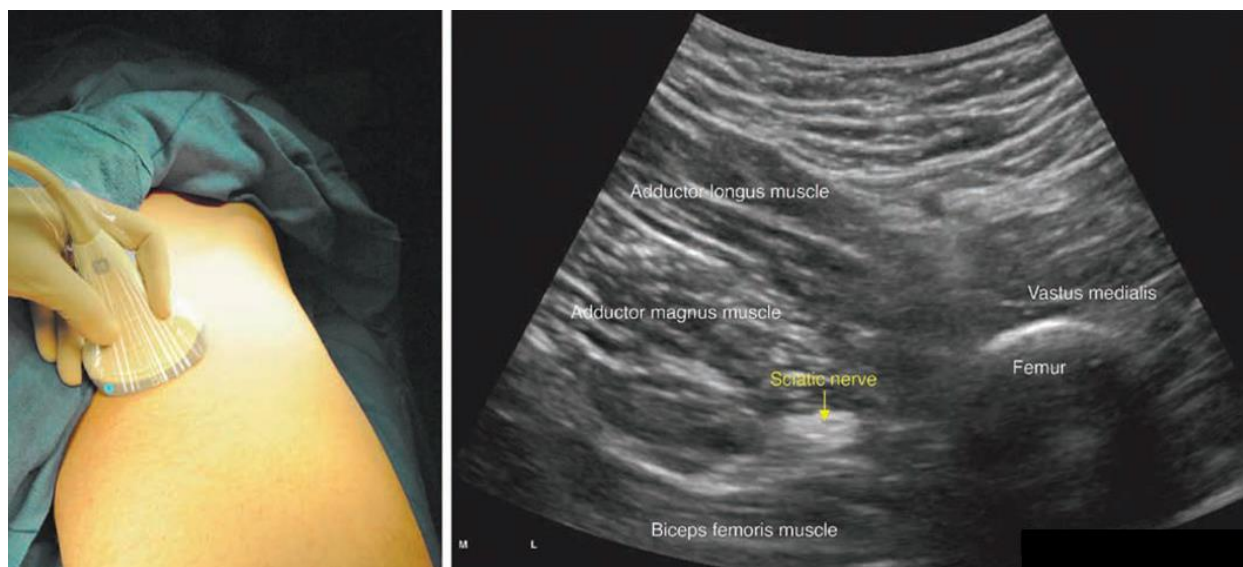
**Figura 50.** Sonoanatomía del nervio ciático a nivel glúteo (A) y a nivel subglúteo (B). Imagen modificada de (44).



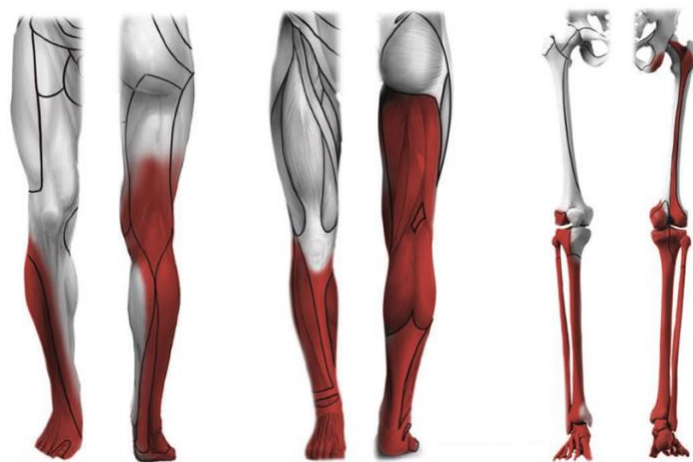
**Figura 51.** Bloqueo en plano del nervio ciático a nivel glúteo y su anatomía por ultrasonido respectiva. Imagen modificada de (44).



**Figura 52.** Bloqueo en plano del nervio ciático a nivel subglúteo y su anatomía por ultrasonido respectiva. Imagen modificada de (44).

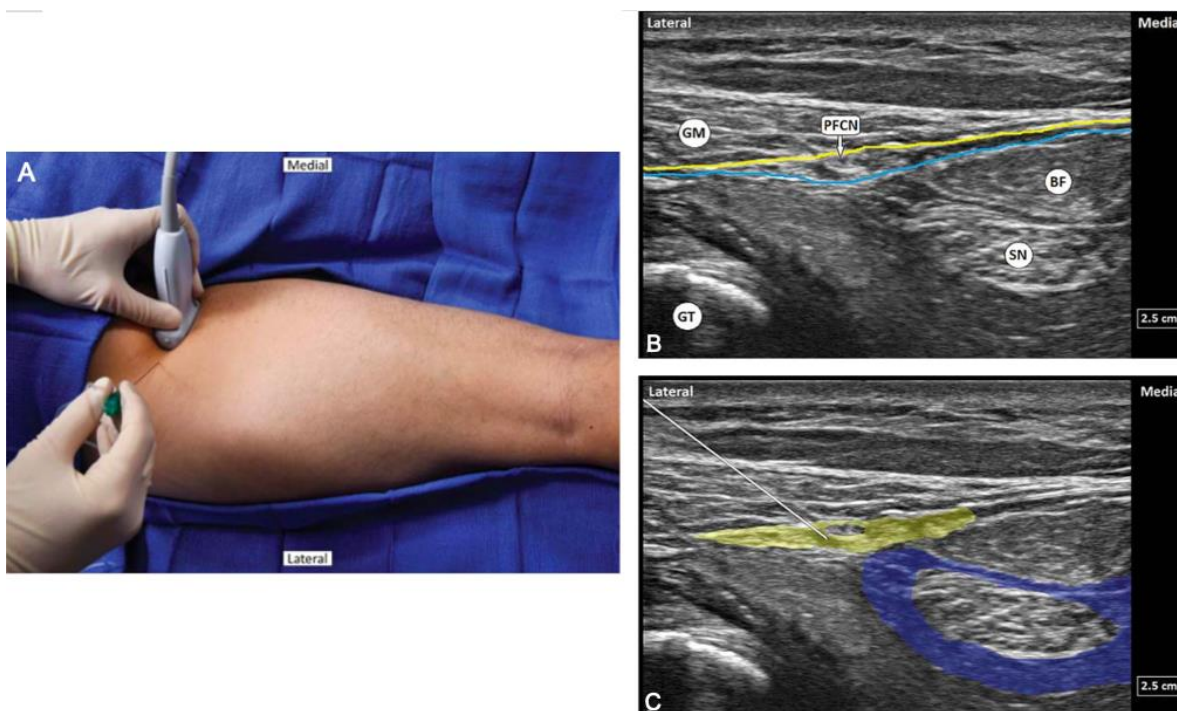


**Figura 53.** Sonoanatomía del nervio ciático con una aproximación anterior. Imagen modificada de (44).

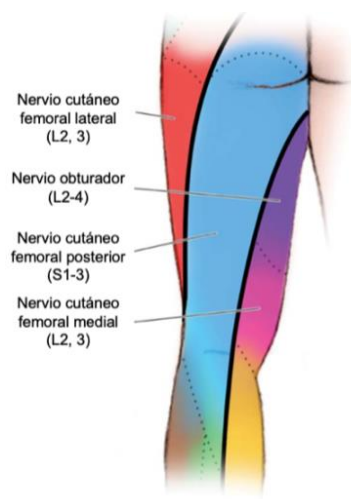


**Figura 54.** Distribución de dermatomas, miotomas y osteotomas implicados en el bloqueo de nervio ciático a nivel glúteo, subglúteo y anterior. Imagen modificada de (44).

### 6.2.4. Nervio cutáneo femoral posterior

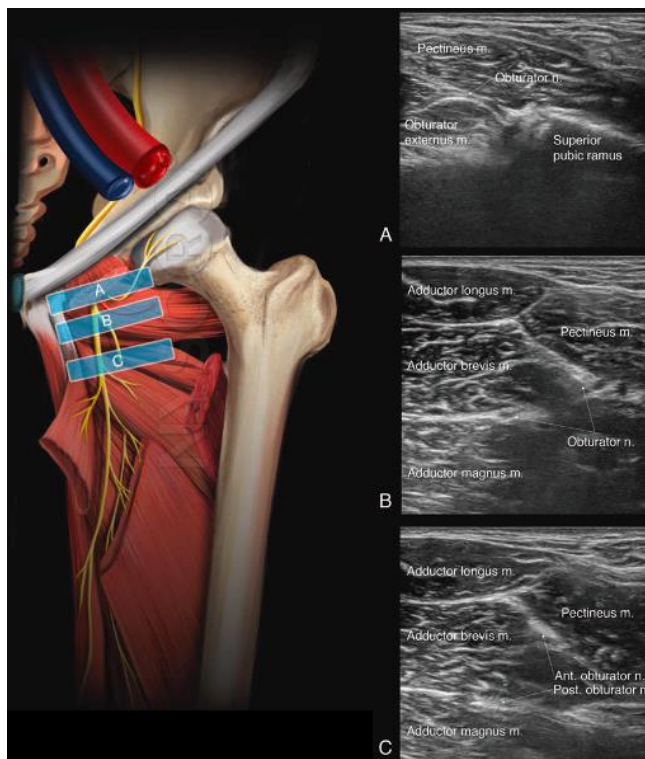


**Figura 55.** Inserción de la aguja regional en plano (A) y anatomía ultrasonográfica del bloqueo del NCFP (B) con la disposición de lo que sería anestésico local alrededor del NCFP (amarillo) y el nervio ciático (azul) (C). BF, cabeza larga del músculo bíceps femoral; GT, trocánter mayor; GM, músculo glúteo mayor. Imagen modificada de (28).

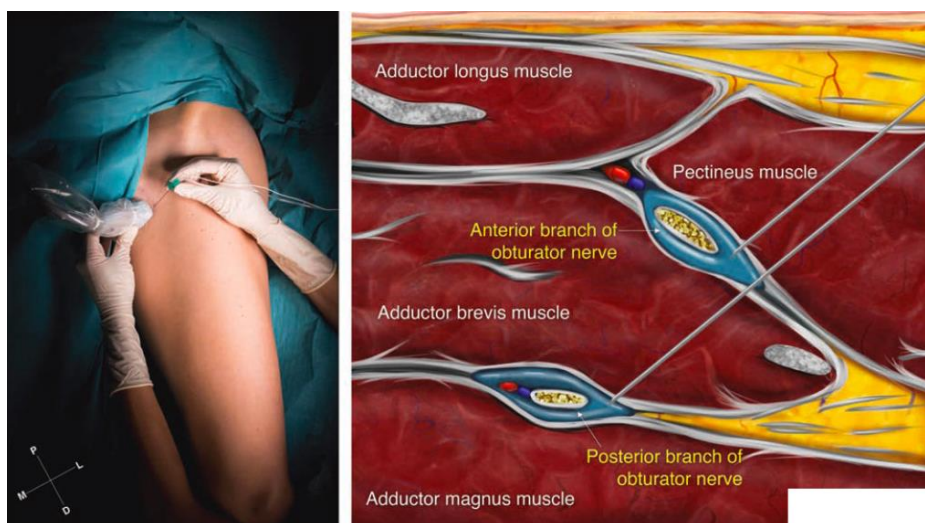


**Figura 56.** Distribución de dermatomas implicados en el bloqueo del NCFP. Imagen modificada de (27).

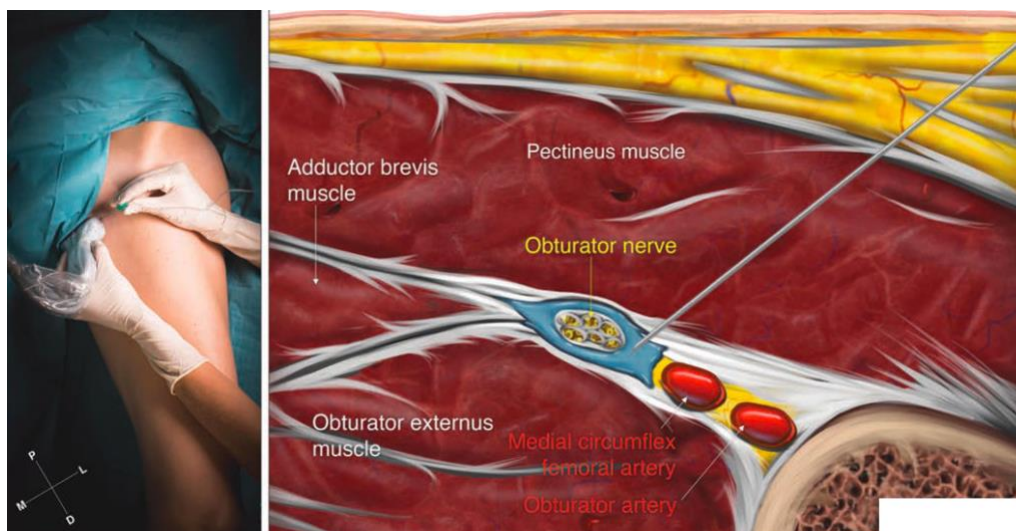
### 6.2.5. Nervio obturador



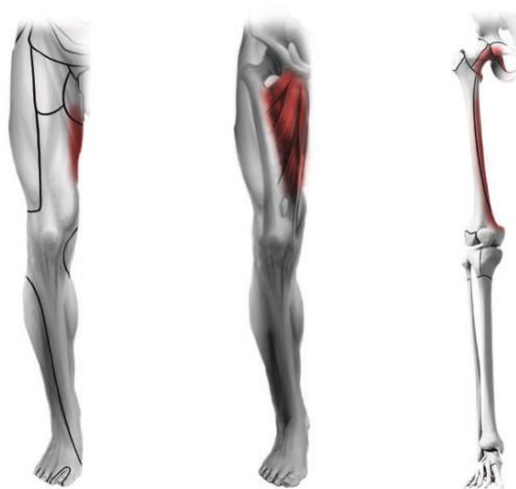
**Figura 57.** Anatomía ultrasonográfica del nervio obturador al salir del foramen obturador (A), al acercarse al músculo aductor corto (B), y a nivel del músculo aductor corto. Imagen modificada de (44).



**Figura 58.** Bloqueo distal del nervio obturador. Obsérvese la inserción de la aguja en plano y la anatomía ultrasonográfica respectiva. Imagen modificada de (44).



**Figura 59.** Bloqueo proximal del nervio obturador. Obsérvese la inserción de la aguja en plano y la anatomía ultrasonográfica respectiva. Imagen modificada de (44).

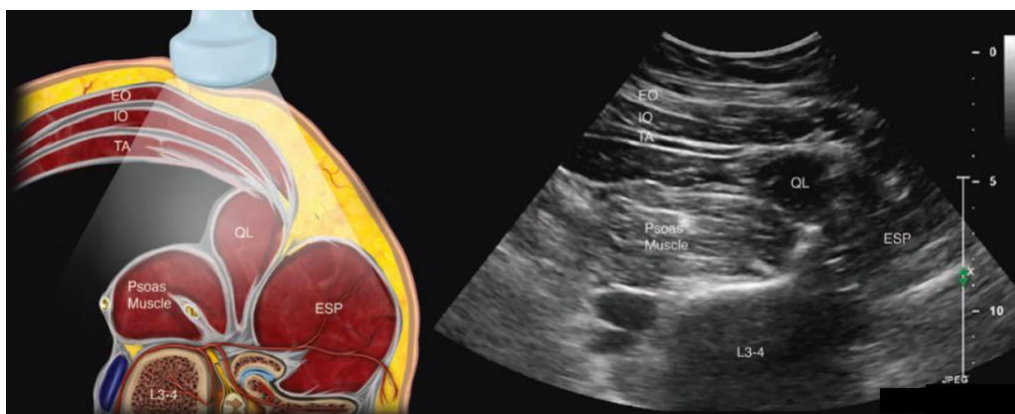


**Figura 60.** Distribución de dermatomas, miotomas y osteotomas implicados en el bloqueo de nervio obturador. Imagen modificada de (44).

### 6.2.6. Plexo lumbar



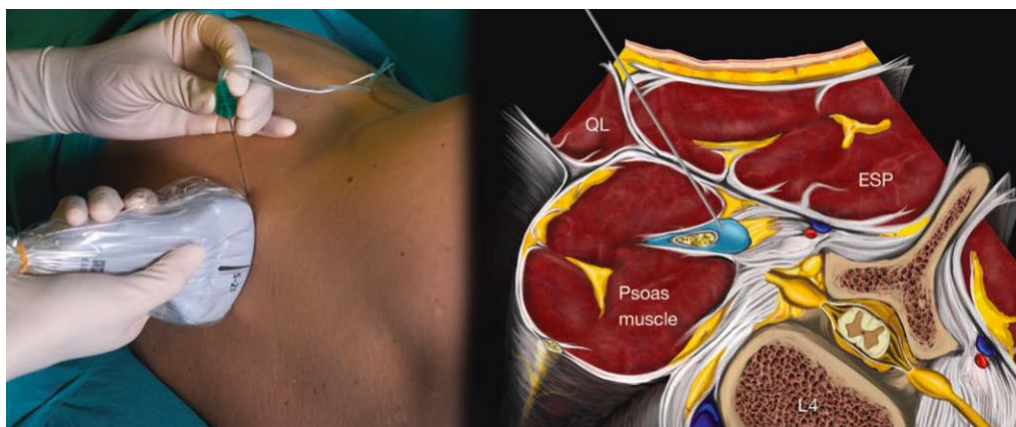
**Figura 61.** Posición del transductor en una vista oblicua transversa y la imagen ultrasonográfica correspondiente del plexo lumbar. QL, músculo cuadrado lumbar; ESP, músculo erector de la espina; EO, músculo oblicuo externo; IO, músculo oblicuo interno; TA, músculo transverso del abdomen. Imagen modificada de (44).



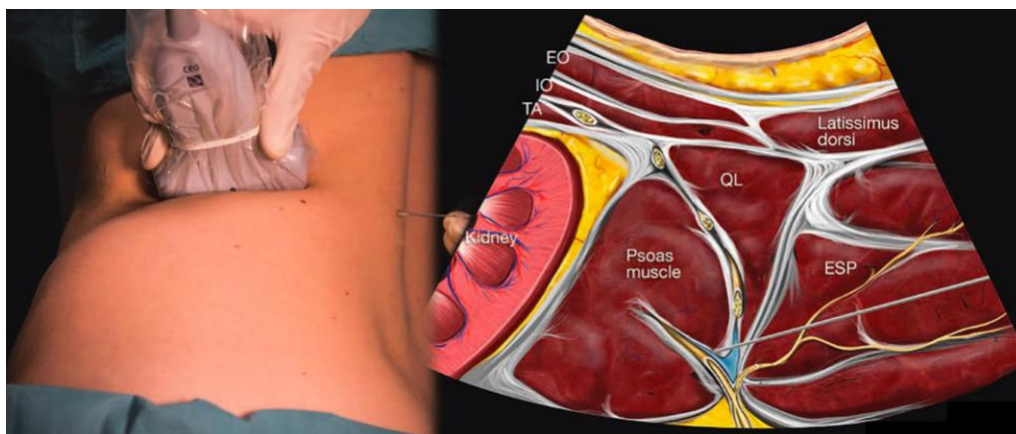
**Figura 62.** Posición del transductor y la reproducción de la vista ultrasonográfica en trébol (shamrock) de un bloqueo de plexo lumbar. QL, músculo cuadrado lumbar; ESP, músculo erector de la espina; EO, músculo oblicuo externo; IO, músculo oblicuo interno; TA, músculo transverso del abdomen. Imagen modificada de (44).



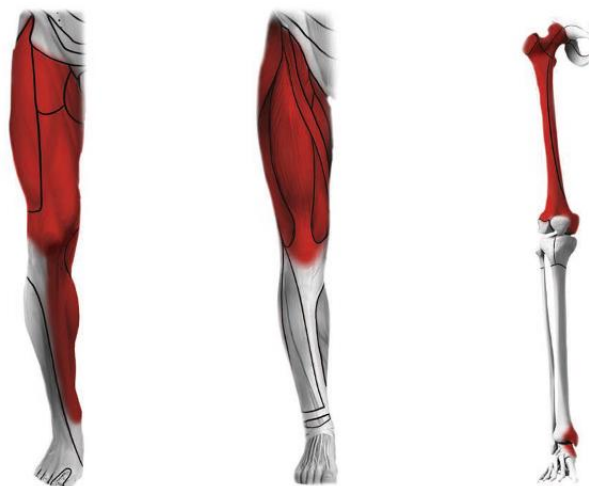
**Figura 63.** Inserción de la aguja fuera de plano del bloqueo de plexo lumbar sagital y la imagen de la anatomía ultrasonográfica respectiva. TP, proceso transverso. Imagen modificada de (44).



**Figura 64.** Bloqueo de plexo lumbar en vista transversa oblicua y la imagen de la anatomía ultrasonográfica respectiva. QL, músculo cuadrado lumbar; ESP, músculo erector de la espina. Imagen modificada de (44).

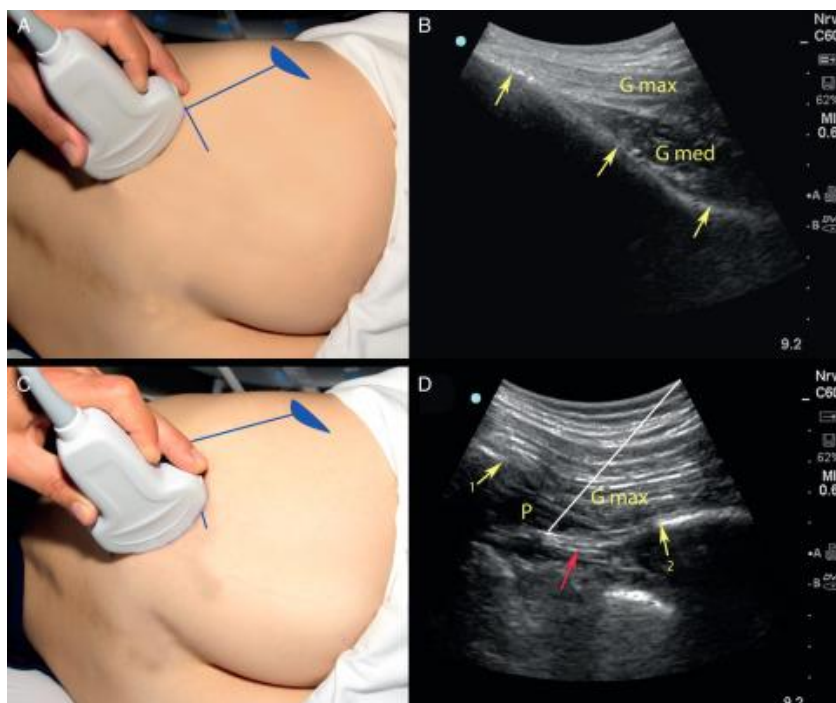


**Figura 65.** Bloqueo de plexo lumbar en vista de trébol y la imagen de la anatomía ultrasonográfica respectiva. QL, músculo cuadrado lumbar; ESP, músculo erector de la espina; EO, músculo oblicuo externo; IO, músculo oblicuo interno; TA, músculo transverso del abdomen. *Imagen modificada de (44).*

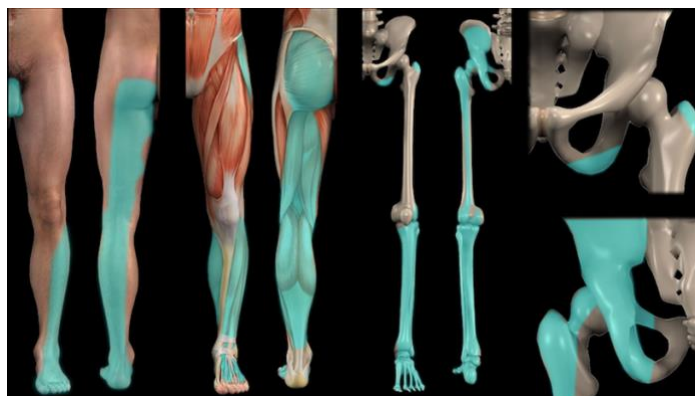


**Figura 66.** Distribución de dermatomas, miotomas y osteotomas implicados en el bloqueo de plexo lumbar. *Imagen modificada de (44).*

### 6.2.7. Plexo sacro



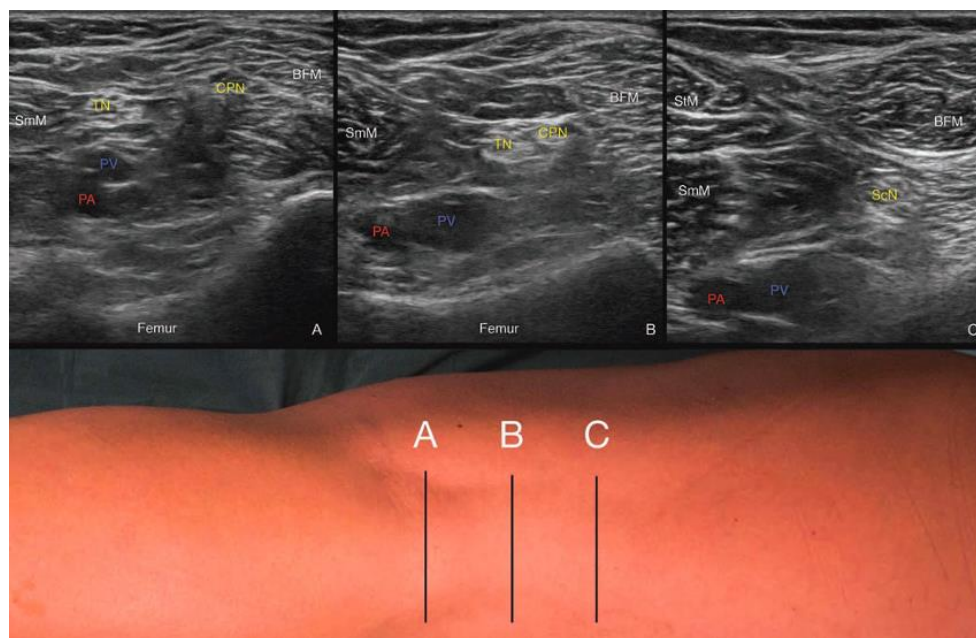
**Figura 67.** Para un bloqueo del plexo sacro mediante un abordaje parasacro. El transductor se sitúa entre la espina iliaca posterosuperior y el trocánter mayor (A). Con el ultrasonido se observa una línea continua hiperecoica del hueso iliaco (líneas amarillas) (B). Al mover de manera paralela el transductor (C), se localiza el margen superior del foramen ciático mayor, se pierde la continuidad del hueso iliaco, y se observa el plexo sacro profundo al músculo piriforme. La aguja (línea blanca) se avanza en plano, de lateral a medial, hasta que la punta alcance el plexo (D). Gmax, músculo glúteo mayor; Gmed, músculo glúteo medio; P, músculo piriforme; flecha amarilla 1, hueso sacro; flecha amarilla 2, isquion; flecha roja, plexo sacro. Imagen tomada de (48).



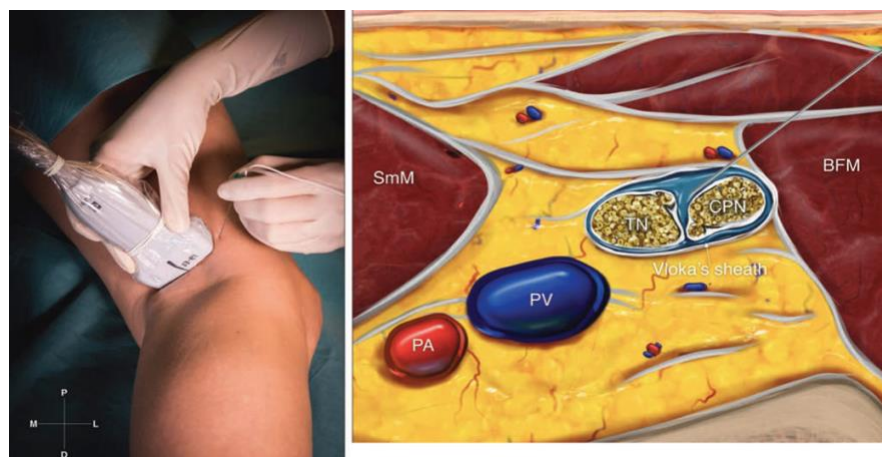
**Figura 68.** Distribución de dermatomas, miotomas y osteotomas implicados en el bloqueo de plexo sacro. Imagen modificada de (51).

## 6.3. Imágenes de bloqueos regionales a utilizar para amputación transtibial de MI

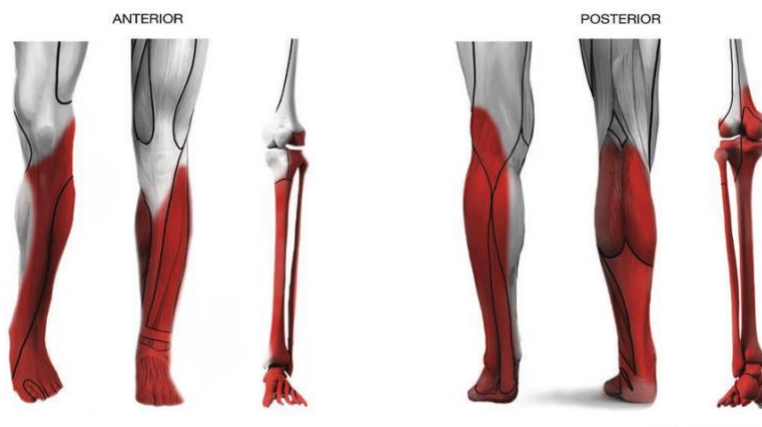
### 6.3.1. Nervio ciático poplíteo



**Figura 69.** Sonoanatomía del nervio ciático a nivel del pliegue poplíteo (A), en la división del nervio tibial (TN) y el nervio peroneo común (CPN) (B), y a nivel proximal de la división (C). BFM, músculo bíceps femoral; ScN, nervio ciático; PV, vena poplíteo; PA, arteria poplíteo; SmM, músculo semimembranoso; StM, músculo semitendinoso. Imagen modificada de (44).

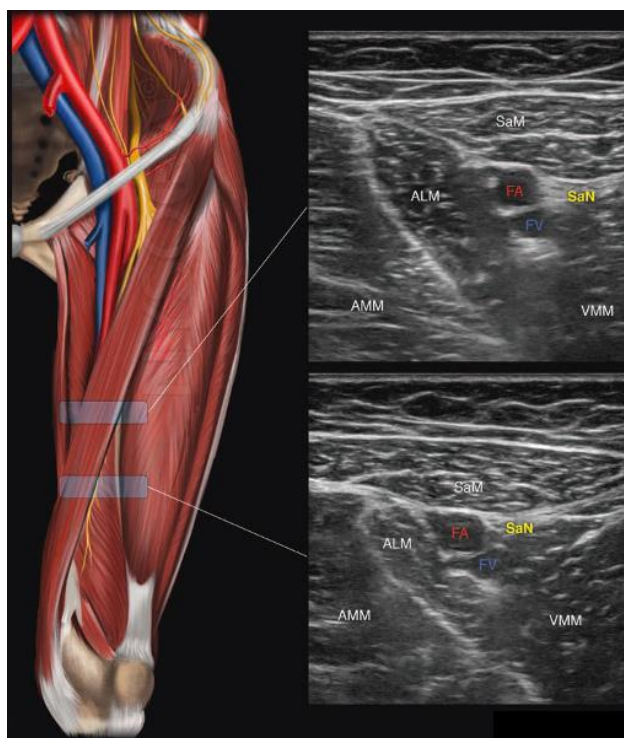


**Figura 70.** Bloqueo en plano del nervio ciático a nivel poplíteo y su anatomía por ultrasonido respectiva. TN, nervio tibial; CPN, nervio peroneo común; PA, arteria poplíteo; PV, vena poplíteo; SmM; músculo semimembranoso; BFM, músculo bíceps femoral. Imagen modificada de (44).

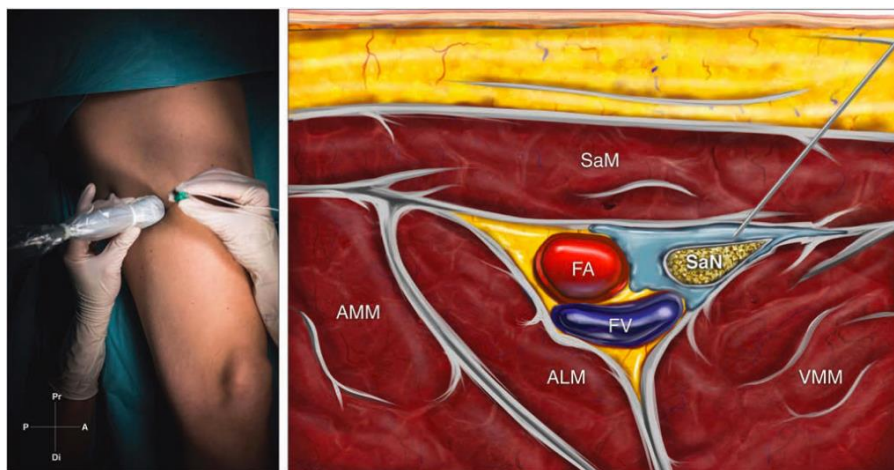


**Figura 71.** Distribución de dermatomas, miotomas y osteotomas implicados en el bloqueo de nervio ciático poplíteo. Imagen modificada de (44).

### 6.3.2. Nervio safeno



**Figura 72.** Límites ultrasonográficos del triángulo femoral (superior) y el canal de los aductores (inferior). SaM, músculo sartorio; SaN, nervio safeno; FA, arteria femoral; FV, vena femoral; VMM, músculo vasto medial; ALM, músculo aductor largo. Imagen modificada de (44).



**Figura 73.** Posición del ultrasonido con la inserción en plano de la aguja y la anatomía ultrasonográfica respectiva para el bloqueo del canal de los aductores. SaM, músculo sartorio; SaN, nervio safeno; FA, arteria femoral; FV, vena femoral; VMM, músculo vasto medial; ALM, músculo adductor largo; AMM, músculo adductor mayor. Imagen modificada de (44).



**Figura 74.** Distribución de dermatomas, miotomas y osteotomas implicados en el bloqueo de nervio safeno. Imagen modificada de (44).

## Bibliografia

1. Hall MR, Kalbaugh CA, Tsujimoto THM, McGinagle KL. Regional Anaesthesia Alone is Reasonable for Major Lower Extremity Amputation in High Risk Patients and May Initiate a More Efficacious Enhanced Recovery Programme. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2020 Nov;60(5):747–51.
2. Crane H, Boam G, Carradice D, Vanicek N, Twiddy M, Smith GE. Through-knee versus above-knee amputation for vascular and non-vascular major lower limb amputations. *Cochrane Database Syst Rev.* 2021 Dec 14;12(12):CD013839.
3. Kurt N. Surgical Outcomes of Regional Versus General Anesthesia in 203 Patients with Upper- and Lower-Extremity Amputation: A Retrospective Study from a Single Center in Turkey. *Med Sci Monit.* 2022 Dec 6;28:e938603.
4. Mulugeta H, Zemedkun A, Getachew H. Selective Spinal Anesthesia in a Patient with Low Ejection Fraction Who Underwent Emergent Below-Knee Amputation in a Resource-Constrained Setting. *Local Reg Anesth.* 2020;13:135–40.
5. Lin Y, Xue Y, Han Y, Bao T, Xue J, Lu L. A patient with acute myocardial infarction with acute lower extremity arterial embolization underwent amputation under general anesthesia. *Perfusion.* 2023 Nov 8;2676591231214081.
6. Mufarrih SH, Qureshi NQ, Yunus RA, Katsiampoura A, Quraishi I, Sharkey A, et al. A systematic review and meta-analysis of general versus regional anesthesia for lower extremity amputation. *J Vasc Surg.* 2023 May;77(5):1542-1552.e9.
7. Chandran R, Beh ZY, Tsai FC, Kuruppu SD, Lim JY. Peripheral nerve blocks for above knee amputation in high-risk patients. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol.* 2018;34(4):458–64.
8. Byun SH, Lee J, Kim JH. Ultrasound-guided bilateral combined inguinal femoral and subgluteal sciatic nerve blocks for simultaneous bilateral below-knee amputations due to bilateral diabetic foot gangrene unresponsive to peripheral arterial angioplasty and bypass surgery in a coagulopathic patient on antiplatelet therapy with a history of percutaneous coronary intervention for ischemic heart disease: A case report. *Medicine (Baltimore).* 2016 Jul;95(29):e4324.
9. Karm MH, Lee S, Yoon SH, Lee S, Koh W. A case report: the use of ultrasound guided peripheral nerve block during above knee amputation in a severely cardiovascular compromised patient who required continuous anticoagulation. *Medicine (Baltimore).* 2018 Mar;97(9):e9374.
10. Abe H, Sumitani M, Matsui H, Aso S, Inoue R, Fushimi K, et al. Comparing outcomes after peripheral nerve block versus general anesthesia for lower extremity amputation: a nationwide exploratory retrospective cohort study in Japan. *Reg Anesth Pain Med.* 2020 Jun;45(6):399–404.

11. Bozkurt B, Coats AJ, Tsutsui H, Abdelhamid M, Adamopoulos S, Albert N, et al. Universal Definition and Classification of Heart Failure: A Report of the Heart Failure Society of America, Heart Failure Association of the European Society of Cardiology, Japanese Heart Failure Society and Writing Committee of the Universal Definition of Heart Failure. *J Card Fail.* 2021 Mar 1;S1071-9164(21)00050-6.
12. Savarese G, Stolfo D, Sinagra G, Lund LH. Heart failure with mid-range or mildly reduced ejection fraction. *Nat Rev Cardiol.* 2022 Feb;19(2):100–16.
13. Savarese G, Gatti P, Benson L, Adamo M, Chioncel O, Crespo-Leiro MG, et al. Left ventricular ejection fraction digit bias and reclassification of heart failure with mildly reduced vs reduced ejection fraction based on the 2021 definition and classification of heart failure. *Am Heart J.* 2024 Jan;267:52–61.
14. Kapłon-Cieślicka A, Benson L, Chioncel O, Crespo-Leiro MG, Coats AJS, Anker SD, et al. A comprehensive characterization of acute heart failure with preserved versus mildly reduced versus reduced ejection fraction - insights from the ESC-HFA EORP Heart Failure Long-Term Registry. *Eur J Heart Fail.* 2022 Feb;24(2):335–50.
15. Ge Z, Li A, McNamara J, Dos Remedios C, Lal S. Pathogenesis and pathophysiology of heart failure with reduced ejection fraction: translation to human studies. *Heart Fail Rev.* 2019 Sep;24(5):743–58.
16. Niskakangas M, Dahlbacka S, Liisanantti J, Vakkala M, Kaakinen T. Spinal or general anaesthesia for lower-limb amputation in peripheral artery disease - a retrospective cohort study. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2018 Feb;62(2):226–33.
17. Yousef AAAM, Atef AM, Awais WM. Comparison of fentanyl versus meperidine as supplements to epidural clonidine-bupivacaine in patients with lower limb orthopedic surgery under combined spinal epidural anesthesia. *BMC Anesthesiol.* 2015 Oct 14;15:146.
18. Abbi P, Kumari A, Gupta R, Monga N, Kaur H, Kullar KK. Effect of Fentanyl on Block Characteristics as Adjuvant to Intrathecal Bupivacaine for Lower Limb Surgeries. *Anesth Essays Res.* 2020;14(2):343–8.
19. Kawasaki S, Kiyohara C, Tokunaga S, Hoka S. Prediction of hemodynamic fluctuations after induction of general anesthesia using propofol in non-cardiac surgery: a retrospective cohort study. *BMC Anesthesiol.* 2018 Nov 10;18(1):167.
20. Chery J, Semaan E, Darji S, Briggs WT, Yarmush J, D’Ayala M. Impact of regional versus general anesthesia on the clinical outcomes of patients undergoing major lower extremity amputation. *Ann Vasc Surg.* 2014 Jul;28(5):1149–56.
21. Pisansky AJB, Brovman EY, Kuo C, Kaye AD, Urman RD. Perioperative Outcomes after Regional Versus General Anesthesia for Above the Knee Amputations. *Ann Vasc Surg.* 2018 Apr;48:53–66.

22. Mufarrih SH, Qureshi NQ, Schaefer MS, Sharkey A, Fatima H, Chaudhary O, et al. Regional Anaesthesia for Lower Extremity Amputation is Associated with Reduced Post-operative Complications Compared with General Anaesthesia. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2021 Sep;62(3):476–84.
23. Nielsen MV, Bendtsen TF, Børglum J. Superiority of ultrasound-guided Shamrock lumbar plexus block. *Minerva Anesthesiol*. 2018 Jan;84(1):115–21.
24. Li CG, Zhang QH, Gong WY, Cui DR, Fan K. A novel anterior approach for ultrasound-guided sacral plexus block. *J Clin Anesth*. 2022 Aug;79:110726.
25. Baker MD, Gullett JP. Ultrasound-Guided Femoral Nerve Blocks. *Pediatr Emerg Care*. 2015 Dec;31(12):864–8; quiz 869–71.
26. Nielsen TD, Moriggl B, Barckman J, Kølsen-Petersen JA, Søballe K, Børglum J, et al. The Lateral Femoral Cutaneous Nerve: Description of the Sensory Territory and a Novel Ultrasound-Guided Nerve Block Technique. *Reg Anesth Pain Med*. 2018 May;43(4):357–66.
27. Johnson CS, Johnson RL, Niesen AD, Stoike DE, Pawlina W. Ultrasound-Guided Posterior Femoral Cutaneous Nerve Block: A Cadaveric Study. *J Ultrasound Med*. 2018 Apr;37(4):897–903.
28. Xiuhua X, Zhiqiang Q, Quanhong Z. Posterior femoral cutaneous nerve block improves regional anaesthesia for below-knee surgery. *Br J Anaesth*. 2021 May;126(5):e171–2.
29. Selame LA, McFadden K, Duggan NM, Goldsmith AJ, Shokoohi H. Ultrasound-Guided Transgluteal Sciatic Nerve Block for Gluteal Procedural Analgesia. *J Emerg Med*. 2021 Apr;60(4):512–6.
30. Karmakar MK, Reina MA, Sivakumar RK, Areeruk P, Pakpirom J, Sala-Blanch X. Ultrasound-guided subparaneural popliteal sciatic nerve block: there is more to it than meets the eyes. *Reg Anesth Pain Med*. 2021 Mar;46(3):268–75.
31. Kim HJ, Chin KJ, Kim H, Jang HY, Bin SI, Ro YJ, et al. Ultrasound-Guided Anterior Approach to a Sciatic Nerve Block: Influence of Lower Limb Positioning on the Visibility and Depth of the Sciatic Nerve. *J Ultrasound Med*. 2020 Aug;39(8):1641–7.
32. Tammam TF. Ultrasound-guided sciatic nerve block: a comparison between four different infragluteal probe and needle alignment approaches. *J Anesth*. 2014 Aug;28(4):532–7.
33. Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, Bueno H, Cleland JGF, Coats AJS, et al. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC) Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur Heart J*. 2016 14;37(27):2129–200.
34. Chioncel O, Lainscak M, Seferovic PM, Anker SD, Crespo-Leiro MG, Harjola VP, et al. Epidemiology and one-year outcomes in patients with chronic heart failure and preserved,

- mid-range and reduced ejection fraction: an analysis of the ESC Heart Failure Long-Term Registry. *Eur J Heart Fail.* 2017 Dec;19(12):1574–85.
35. WRITING COMMITTEE MEMBERS, Yancy CW, Jessup M, Bozkurt B, Butler J, Casey DE, et al. 2016 ACC/AHA/HFSA Focused Update on New Pharmacological Therapy for Heart Failure: An Update of the 2013 ACCF/AHA Guideline for the Management of Heart Failure: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines and the Heart Failure Society of America. *Circulation.* 2016 27;134(13):e282-293.
  36. Sharma K, Kass DA. Heart failure with preserved ejection fraction: mechanisms, clinical features, and therapies. *Circ Res.* 2014 Jun 20;115(1):79–96.
  37. Yancy CW, Jessup M, Bozkurt B, Butler J, Casey DE, Drazner MH, et al. 2013 ACCF/AHA guideline for the management of heart failure: executive summary: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on practice guidelines. *Circulation.* 2013 Oct 15;128(16):1810–52.
  38. Miller RD. *Miller's Anesthesia.* 9th ed. Elsevier; 2019.
  39. Paul G. Barash. *Clinical Anesthesia.* 8th ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2017. 1808 p.
  40. Susan Standring. *Gray's Anatomy The Anatomical Basis of Clinical Practice.* 40th ed. London: Churchill Livingstone/Elsevier; 2008.
  41. Netter F. *Atlas of Human Anatomy.* 6th ed. Philadelphia, PA: Philadelphia: Saunders Elsevier; 2014.
  42. André P. Boezaart. *Atlas of Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Orthopaedic Anesthesia.* 1st ed. Saunders; 2007. 300 p.
  43. Singh O, Al Khalili Y. Anatomy, Back, Lumbar Plexus. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 [cited 2024 Jul 26]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK545137/>
  44. Hadzic A. *Hadzic's Peripheral Nerve Blocks and Anatomy for Ultrasound-Guided Regional Anesthesia.* 3rd ed. McGraw-Hill; 2021. 416 p.
  45. Adams CT, Lakra A. Below-Knee Amputation. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 [cited 2024 Aug 5]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK534773/>
  46. Malik O, Brovman EY, Urman RD. The Use of Regional or Neuraxial Anesthesia for Below-Knee Amputations May Reduce the Need for Perioperative Blood Transfusions. *Reg Anesth Pain Med.* 2018 Jan;43(1):25–35.

47. Myers M, Chauvin BJ. Above-the-Knee Amputations. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 [cited 2024 Aug 5]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK544350/>
48. Joyce DP, Weedle R, Cribben N, Parvanov P, White A, Soo A, et al. Neuraxial haematoma in patients undergoing spinal or epidural anaesthesia for lower limb amputation/revascularisation during uninterrupted antiplatelet therapy: a systematic review. *Anaesthesia*. 2019 May;74(5):683–4.
49. Ay BA, R J, A U, Je C. Ultrasound localization of the sacral plexus using a parasacral approach. *Anesthesia and analgesia* [Internet]. 2009 Jun [cited 2024 Aug 8];108(6). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19448235/>
50. Bendtsen TF, Lönnqvist PA, Jepsen KV, Petersen M, Knudsen L, Børglum J. Preliminary results of a new ultrasound-guided approach to block the sacral plexus: the parasacral parallel shift. *Br J Anaesth*. 2011 Aug;107(2):278–80.
51. Anesthesia Sonoanatomy [Internet]. Anesthesia Sonoanatomy. Available from: <https://www.anaesthesiasonoanatomy.com>
52. Kim SJ, Kim N, Kim EH, Roh YH, Song J, Park KH, et al. Use Of Regional Anesthesia For Lower Extremity Amputation May Reduce The Need For Perioperative Vasopressors: A Propensity Score-Matched Observational Study. *Ther Clin Risk Manag*. 2019;15:1163–71.
53. Epidemiology and one-year outcomes in patients with chronic heart failure and preserved, mid-range and reduced ejection fraction: an analysis of the ESC Heart Failure Long-Term Registry - PubMed [Internet]. [cited 2024 Jul 22]. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28386917/>
54. Amabile CM, Spencer AP. Keeping your patient with heart failure safe: a review of potentially dangerous medications. *Arch Intern Med*. 2004 Apr 12;164(7):709–20.
55. Drake R, Vogel A, Mitchel A. *Gray's Anatomy for Students*. 3rd ed. Philadelphia, PA: Churchill Livingstone/Elsevier; 2015.