

VNIVERSITAT (Q\*)E VALÈNCIA

Facultat d'Infermeria i Podologia



PROGRAMA DE DOCTORADO DE ENFERMERÍA CLÍNICA Y COMUNITARIA

ESTUDIO DESCRIPTIVO Y EXPERIMENTAL DEL BLOQUEO DEL NERVI  
TIBIAL. EFICACIA ANESTÉSICA DE LA TÉCNICA RETROMALEOLAR Y  
SUPRAMALEOLAR.

**TESIS DOCTORAL**

**PRESENTADA POR:**

**María Benimeli Fenollar**

**DIRIGIDA POR:**

**Dr. Cecili Macián Romero**

**Dr. José Manuel Almerich Silla**

**Dr. José Maria Montiel Company**

**Valencia, Septiembre 2018**





UNIVERSITAT  
ID VALÈNCIA  Facultat d'Infermeria i Podologia

Prof. Dr. D. Cecili Macián Romero, contratado doctor del Departament d'Infermeria de la Facultat d'Infermeria i Podologia de la Universitat de València, D. José Manuel Almerich Silla, profesor titular del Departament d'Estomatologia de la Facultat de Medicina i Odontologia de la Universitat de València y D. José María Montiel Company, profesor contratado doctor interino del Departament d'Estomatologia de la Facultat de Medicina i Odontologia de la Universitat de València.

#### CERTIFICAN QUE:

La presente Tesis Doctoral que lleva por título “Estudio descriptivo y experimental del bloqueo del nervio tibial. Eficacia anestésica de la técnica retromaleolar y supramaleolar”, ha sido realizada bajo nuestra dirección y supervisión por Dña. María Benimeli Fenollar, diplomada en Podología por la Universitat de València, y graduda en Podología por la Universidad Alfonso X el Sabio.

Revisado el presente trabajo quedan conformes con su presentación, ya que reúne las condiciones para ser defendido como Tesis Doctoral.

Y para que conste y a los efectos oportunos, firman el presente certificado en Valencia, a de 26 de Julio del 2018.

D. Cecili Macián Romero

D. J.M. Almerich Silla

D. J.M. Montiel Company



## AGRADECIMIENTOS

Agradecer a mis directores de tesis, su esfuerzo y apoyo inestimable durante todo el desarrollo de la tesis. Al Dr. José Manuel Almerich Silla, gracias por sus consejos y su dedicación en la elaboración de este proyecto. Al Dr. José María Montiel Company, gracias por su ardua labor y su interminable paciencia. Sin su esfuerzo no hubiese podido terminar este proyecto. Y en especial, al Dr. Cecili Macián Romero, gracias por confiar en mí, por sus valiosos consejos y por saber sacarme una sonrisa hasta en los peores momentos. Pero sobre todo, gracias por transmitirme su pasión y dedicación por y para nuestra profesión.

Al personal laboral y asistencial de la Clínica Podológica de la Universitat de València, gracias por su participación en este estudio. Su colaboración ha sido inestimable en la consecución de este proyecto.

A mis compañeros de trabajo y amigos, gracias por su paciencia infinita y por haberme ayudado en todo lo que necesité.

A mi familia, que ha sido para mí un pilar fundamental a lo largo de todo el proceso. Gracias por su apoyo incondicional, en los buenos y en los malos momentos. Y en especial a mi marido. *Gràcies. Gràcies per creure en mi i per estar ahí...sempre.*



# ÍNDICE



# ÍNDICE

## 1. INTRODUCCIÓN

1.1. PASADO Y PRESENTE DE LA CIRUGÍA PODOLÓGICA.....	1
1.2. IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DEL PROCESO ANESTÉSICO. PRIMERA TOMA DE CONTACTO DEL PACIENTE CON EL PROCEDIMIENTO QUIRÚRGICO. ....	5
1.3. REQUISITOS PARA LA PRÁCTICA DE LA ANESTESIA AMBULATORIA EN CONDICIONES DE SEGURIDAD. ....	8
1.4. BLOQUEO ANESTÉSICO DEL NERVIIO TIBIAL.....	24
1.5. MATERIAL NECESARIO PARA LA REALIZACIÓN DEL BLOQUEO: CARACTERÍSTICAS DE LA AGUJA DE PUNCIÓN Y DE LA JERINGA....	37
1.6. ANESTÉSICOS LOCALES: MANEJO CLÍNICO Y MARGEN DE SEGURIDAD.....	40

## 2. JUSTIFICACIÓN, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

2.1. JUSTIFICACIÓN .....	79
2.2. HIPÓTESIS DEL ESTUDIO .....	82
2.3. OBJETIVOS .....	82

## 3. METODOLGÍA

3.1. DISEÑO DEL ESTUDIO .....	87
3.2. SELECCIÓN DE LA MUESTRA .....	87
3.2.1. Selección de la muestra para el desarrollo de la fase observacional.....	88
3.2.2. Selección de la muestra para el desarrollo de la fase experimental. ....	89
3.3. CONSIDERACIONES ÉTICAS .....	90
3.4. CALIBRACIÓN PREVIA DEL ESTUDIO.....	90
3.5. MATERIAL UTILIZADO.....	92
3.5.1. Material común a las dos fases del estudio .....	92
3.5.2. Material específico utilizado para el desarrollo de la fase observacional. .	93
3.5.3. Material específico utilizado para el desarrollo de la fase experimental. ..	94
3.6. OBJETIVOS Y PROCEDIMIENTOS REALIZADOS DURANTE LAS EXPLORACIONES.....	95
3.6.1. FASE I. Fase observacional. Estudio descriptivo del nervio tibial .....	96

3.6.2. FASE II. Estudio experimental in vivo de la eficacia del bloqueo del nervio tibial.....	106
3.7. VARIABLES REGISTRADAS DURANTE LOS PROCEDIMIENTOS DE EXPLORACIÓN.....	109
3.7.1. FASE I. Fase observacional. Estudio descriptivo del nervio tibial .....	109
3.7.2. FASE II. Estudio experimental in vivo de la eficacia del bloqueo del nervio tibial.....	116
3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	119
<b>4. RESULTADOS</b>	
4.1. RESULTADOS DE LA FASE OBSERVACIONAL .....	123
4.1.1. RESULTADOS DE LA FASE Ia. ....	123
4.1.2. RESULTADOS DE LA FASE Ib.....	130
4.2. RESULTADOS DE LA FASE EXPERIMENTAL. ....	144
<b>5. DISCUSIÓN</b>	
5.1. JUSTIFICACIÓN DE LAS TÉCNICAS ANESTÉSICAS DESCRITAS .....	160
5.2. DISCUSIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	165
5.2.1. DISEÑO DEL ESTUDIO Y SELECCIÓN DE LA MUESTRA .....	165
5.2.2. CRITERIOS EXPLORATORIOS EMPLEADOS.....	166
5.2.3. CALIBRACIÓN Y CONDICIONES EXPLORATORIAS .....	176
5.3. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	177
5.3.1. RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DEL ESTUDIO ANATÓMICO DEL NERVI TIBIAL SOBRE CADÁVER .....	177
5.3.2. RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DEL ESTUDIO ECOGRÁFICO DEL NERVI TIBIAL .....	185
5.3.3. RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DEL ESTUDIO IN VIVO DE LA EFICACIA DEL BLOQUEO ANESTÉSICO .....	193
5.4. LIMITACIONES Y PERSPECTIVAS DE FUTURO .....	202
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>205</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>209</b>
<b>8. ANEXOS.....</b>	<b>217</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Fig. 1</b> Técnica de Sharrock..	30
<b>Fig. 2</b> Técnica de Wassef.	31
<b>Fig. 3</b> Técnica de Colgrove	32
<b>Fig. 4</b> Técnica de Hromádka.	33
<b>Fig. 5</b> Técnica de Gerbert.	35
<b>Fig. 6</b> Técnica propuesta por Delgado et al.	36
<b>Fig. 7</b> Radiografía que demuestra los distintos grados de desviación de agujas de calibres diferentes	39
<b>Fig. 8</b> Fisiología de la transmisión nerviosa.	41
<b>Fig. 9</b> Disposición de las fibras y los haces nerviosos en el interior de un nervio periférico	42
<b>Fig. 10</b> Entrada al canal	43
<b>Fig. 11</b> Estructura química de los anestésicos locales	48
<b>Fig. 12</b> Principales anestésicos locales de tipo éster y amida.	50
<b>Fig. 13</b> Protocolo terapéutico básico de urgencia	70
<b>Fig. 14</b> Algoritmo de actuación ante la sospecha de un accidente anestésico.	75
<b>Fig. 15</b> Disección de la piel y fascia profunda de la cara medial del pie y tobillo. Exposición del paquete vasculonervioso.	97
<b>Fig. 16</b> Localización de los 4 puntos anatómicos de referencia. Traslación en línea recta de los puntos óseos hasta el borde posterior del tendón de Aquiles. Señalización de los puntos anatómicos mediante material de sutura.	98
<b>Fig. 17</b> Diagrama esquemático de los 4 puntos anatómicos y las dos líneas horizontales de referencia, LR <sub>1</sub> y LR <sub>2</sub>	99
<b>Fig. 18</b> Diagrama esquemático de los ejes de medición X e Y para el estudio anatómico del nervio tibial a nivel retromaleolar (eje XLR <sub>1</sub> ; eje Y <sub>1</sub> ), y a nivel supramaleolar (eje XLR <sub>2</sub> ; eje Y <sub>2</sub> ). Sistema de valores de medición +/- asignados en función del nivel de bifurcación del NT respecto a la línea horizontal de referencia o eje X	100
<b>Fig. 19</b> Mediciones de distancia a partir del eje XLR <sub>1</sub> y del eje Y <sub>1</sub> . Distancia desde el punto más prominente del maléolo medial hasta el centro del nervio tibial, y distancia desde la LR <sub>1</sub> hasta la bifurcación del nervio calcáneo medial.	101

<b>Fig. 20</b> Localización y señalización de los puntos óseos de referencia para el estudio retromaleolar y supramaleolar del nervio tibial. Posición de la sonda sobre el punto más prominente del maléolo medial con la articulación del tobillo en posición neutra. Posición de la sonda a 4 cm proximal del borde inferior del maléolo medial con la articulación del tobillo en posición neutra. ....	103
<b>Fig. 21</b> Imagen ecográfica del paquete vasculonervioso a nivel retromaleolar. Imagen ecográfica del paquete vasculonervioso a nivel supramaleolar.....	105
<b>Fig. 22</b> a) Cálculo de la coordenada distancia de punción a partir del punto más prominente del maléolo medial, medida con un calibrador digital b) Realización del bloqueo anestésico. Punto de punción y angulación de la aguja a nivel retromaleolar c) Realización del bloqueo anestésico. Punto de punción y angulación de la aguja a nivel supramaleolar. ....	108
<b>Fig. 23</b> Tipo de relación anatómica entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior..	110
<b>Fig. 24</b> Tipos de patrón de bifurcación del nervio tibial .....	112
<b>Fig. 25</b> Diagrama de la visión ecográfica del paquete vasculonervioso en un corte transversal a nivel retromaleolar .....	114
<b>Fig. 26</b> Posición del nervio tibial en el paquete vasculonervioso .....	115
<b>Fig. 27</b> División del dermatoma del nervio tibial en tres cuadrantes.....	117

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Interacciones farmacológicas con los anestésicos locales.....	15
<b>Tabla 2</b> Sistema de clasificación del estado físico de la American Society of Anesthesiologists (ASA) .....	20
<b>Tabla 3</b> Clasificación de las fibras nerviosas .....	46
<b>Tabla 4</b> Propiedades físicoquímicas y farmacológicas de los principales anestésicos locales.....	52
<b>Tabla 5</b> Factores farmacológicos que influyen en la acción de los anestésicos locales.. ..	55
<b>Tabla 6</b> Factores no farmacológicos que influyen en la acción de los anestésicos locales.....	59
<b>Tabla 7</b> Dosis Máximas de los principales anestésicos locales utilizados en cirugía podológica .....	64
<b>Tabla 8</b> Criterios de selección del anestésico local .....	66
<b>Tabla 9</b> Distribución de los sujetos de la muestra en diferentes grupos de estudio ...	106
<b>Tabla 10</b> Mediciones de distancia llevadas a cabo en el Eje X a nivel retromaleolar y supramaleolar .....	110
<b>Tabla 11</b> Mediciones de distancia llevadas a cabo en el Eje Y a nivel retromaleolar y supramaleolar .....	111
<b>Tabla 12</b> Origen del nervio calcáneo medial y número de ramas terminales por sexo del espécimen (N=20) .....	125
<b>Tabla 13</b> Origen del nervio calcáneo inferior y número de ramas terminales por sexo del espécimen (N=20) .....	126
<b>Tabla 14</b> Clasificación del tipo de relación anatómica entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior a nivel de las dos líneas de medición de referencia. ....	127
<b>Tabla 15</b> Resultados de las 3 mediciones de distancia (mm) realizadas a nivel de XLR <sub>1</sub> en los especímenes de ambos sexos (N=20) .....	127
<b>Tabla 16</b> Resultados de las 7 mediciones de distancia (mm) realizadas a nivel de Y <sub>1</sub> en los especímenes de ambos sexos (N=20) .....	128
<b>Tabla 17</b> Resultados de las 3 mediciones de distancia (mm) realizadas a nivel de XLR <sub>2</sub> en los especímenes de ambos sexos (N=20) .....	129

<b>Tabla 18</b> Resultados de las 7 mediciones de distancia (mm) realizadas a nivel de Y <sub>2</sub> en los especímenes de ambos sexos (N=20) .....	129
<b>Tabla 19</b> Descriptiva de las variables cuantitativas del estudio ecográfico a nivel retromaleolar en la muestra (N=100). .....	131
<b>Tabla 20</b> Análisis de las variables de perímetro maleolar y perímetro del nervio tibial, según el sexo y la categoría de IMC en la muestra del estudio ecográfico a nivel retromaleolar. ....	133
<b>Tabla 21</b> Análisis de las variables de posición del nervio tibial según sexo y la categoría del IMC del sujeto. ....	133
<b>Tabla 22</b> Análisis del tipo de relación anatómica entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior por sexo y categoría de IMC, en la muestra del estudio ecográfico a nivel retromaleolar. ....	134
<b>Tabla 23</b> Análisis del tipo de relación anatómica entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior por peso, altura, IMC y perímetro maleolar, en la muestra del estudio ecográfico a nivel retromaleolar.....	135
<b>Tabla 24</b> Correlaciones entre las variables de posición, perímetro maleolar, edad, peso, altura e IMC en la muestra del estudio ecográfico a nivel retromaleolar (N=100).....	136
<b>Tabla 25</b> Descriptiva de las variables cuantitativas del estudio en la muestra (N=100) .....	138
<b>Tabla 26</b> Análisis de las variables de perímetro maleolar y perímetro del nervio tibial, según el sexo y la categoría de IMC en la muestra del estudio ecográfico a nivel supramaleolar. ....	139
<b>Tabla 27</b> Análisis de las variables de posición del nervio tibial según el sexo y la categoría de IMC, en la muestra del estudio a nivel supramaleolar.....	140
<b>Tabla 28</b> Análisis del tipo de relación anatómica entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior por sexo y categoría de IMC, en la muestra del estudio ecográfico a nivel supramaleolar. ....	141
<b>Tabla 29</b> Análisis del tipo de relación anatómica entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior por peso, altura, IMC y perímetro maleolar, en la muestra del estudio ecográfico a nivel supramaleolar.....	141
<b>Tabla 30</b> Correlaciones entre las variables de posición, perímetro maleolar, edad, peso, altura e IMC en la muestra del estudio a nivel supramaleolar (N=100). ....	142

<b>Tabla 31</b> Descriptiva de la muestra del subgrupo BRM (N=55).....	145
<b>Tabla 32</b> Descriptiva de los tiempos anestésicos y grado de dolor registrados durante el bloqueo retromaleolar del nervio tibial en el total de la muestra del subgrupo BRM (N=55).....	147
<b>Tabla 33</b> Descriptiva de la muestra del subgrupo BSM (N=55).....	149
<b>Tabla 34</b> Descriptiva de los tiempos anestésicos y grado de dolor registrado durante el bloqueo supramaleolar del nervio tibial en el total de la muestra del subgrupo BSM (N=55).....	150
<b>Tabla 35</b> Comparativa de las características de la muestra de los dos grupos de estudio (subgrupo BRM y BSM). .....	152
<b>Tabla 36</b> Comparativa de los tiempos anestésicos y grado de dolor registrados durante ambas técnicas anestésicas. ....	153
<b>Tabla 37</b> Resultados estadísticos de la comparación de la curva de supervivencia de la técnica retromaleolar y la técnica supramaleolar por cuadrantes.....	156
<b>Tabla 38</b> Tabla resumen del tipo de patrón de bifurcación del nervio tibial por autores .....	179
<b>Tabla 39</b> Tabla resumen del número de ramas terminales y origen de la rama calcánea medial por autores .....	181
<b>Tabla 40</b> Tabla resumen del origen de la rama calcánea inferior y número de ramas terminales por autores .....	184
<b>Tabla 41</b> Coordenadas de posición del NT en función de la localización anatómica del estudio ecográfico, y características antropométricas del sujeto que condicionan estas variables de posición. ....	191

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> Distribución de la muestra del estudio sobre cadáver por sexo .....	123
<b>Gráfico 2</b> Tipo de patrón de bifurcación del nervio tibial .....	124
<b>Gráfico 3</b> Distribución de la muestra del estudio ecográfico a nivel retromaleolar por sexo.....	130
<b>Gráfico 4</b> Distribución de la muestra del estudio ecográfico a nivel retromaleolar por categoría de IMC.....	131
<b>Gráfico 5</b> Tipo de relación anatómica entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior en el estudio ecográfico a nivel retromaleolar. ....	132
<b>Gráfico 6</b> Distribución de la muestra del estudio ecográfico a nivel supramaleolar por sexo.....	137
<b>Gráfico 7</b> Distribución de la muestra del estudio ecográfico a nivel supramaleolar por categoría de IMC.....	137
<b>Gráfico 8</b> Tipo de relación anatómica entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior en el estudio ecográfico a nivel supramaleolar .....	138
<b>Gráfico 9</b> Distribución de la muestra del subgrupo BRM por sexo .....	145
<b>Gráfico 10</b> Angulación de la aguja durante el bloqueo retromaleolar y registro de punciones vasculares y peri/intraneurales en el total de la muestra del subgrupo BRM. ....	146
<b>Gráfico 11</b> Resultados anestésicos obtenidos para el bloqueo del nervio tibial a nivel retromaleolar en el total de la muestra del subgrupo BRM.....	148
<b>Gráfico 12</b> Distribución de la muestra del subgrupo BSM por sexo.....	148
<b>Gráfico 13</b> Angulación de la aguja durante el bloqueo supramaleolar y registro de punciones vasculares y peri/intraneurales en el subgrupo BSM .....	149
<b>Gráfico 14</b> Resultados anestésicos obtenidos para el bloqueo del nervio tibial a nivel supramaleolar en el subgrupo BSM .....	151
<b>Gráfico 15</b> Comparativa del porcentaje de punciones vasculares y peri/intraneurales positivas registradas durante las dos técnicas anestésicas.....	152
<b>Gráfico 16</b> Comparativa de los tiempos de latencia relativa y los tiempos de latencia absoluta registrados en ambas técnicas. ....	154

<b>Gráfico 17</b> Comparativa de los resultados anestésicos alcanzados con ambas técnicas .....	154
<b>Gráfico 18</b> Comparativa del porcentaje de bloqueos efectivos alcanzado por cuadrantes para las dos técnicas. ....	155
<b>Gráfico 19</b> Comparativa de las curvas de supervivencia obtenidas para cada técnica anestésica por cuadrantes .....	156
<b>Gráfico 20</b> Comparativa de la distancia registrada (cm) desde el punto óseo de referencia hasta el centro del nervio tibial, en el estudio sobre cadáver y el estudio ecográfico. ....	188
<b>Gráfico 21</b> Comparativa del tipo de relación anatómica observada (%) entre el NT y la ATP a nivel retromaleolar, durante el estudio anatómico sobre cadáver y el estudio ecográfico. ....	189
<b>Gráfico 22</b> Comparativa del tipo de relación anatómica observada (%) entre el NT y la ATP a nivel supramaleolar, durante el estudio anatómico sobre cadáver y el estudio ecográfico. ....	189

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>A1:</b> borde posterior del tendón de Aquiles a la altura del punto más prominente del maléolo medial.	<b>Lab:</b> laboratorio
<b>A2:</b> borde posterior del tendón de Aquiles a 4 cm proximal del borde inferior del maléolo medial.	<b>LCR:</b> líquido cefalorraquídeo
<b>ACV:</b> accidente cerebrovascular	<b>LR:</b> línea de referencia
<b>AGA:</b> 1'α-1-glucoproteína ácida	<b>m:</b> metro
<b>AINE:</b> Antiinflamatorio no esteroideo	<b>Max:</b> máximo
<b>AL:</b> Anestésico Local	<b>mg:</b> miligramo
<b>ASA:</b> American Society of Anesthesiologists	<b>Min:</b> mínimo
<b>ATP:</b> Arteria Tibial Posterior	<b>min:</b> minuto
<b>ATPA:</b> articulación tibio peronea astragalina	<b>mm:</b> milímetro
<b>ATS:</b> Ayudante Técnico Sanitario	<b>mmHg:</b> milímetro de mercurio
<b>BRM:</b> bloqueo retromaleolar	<b>mseg:</b> milisegundo
<b>BSM:</b> bloqueo supramaleolar	<b>múlt.:</b> múltiple
<b>C1:</b> cuadrante correspondiente al nervio calcáneo	<b>mV:</b> milivoltios
<b>C2:</b> cuadrante correspondiente al nervio plantar interno	<b>NCI:</b> nervio calcáneo inferior
<b>C3:</b> cuadrante correspondiente al nervio plantar externo	<b>NCM:</b> nervio calcáneo medial
<b>CIM:</b> Concentración Inhibitoria Mínima	<b>NPE:</b> nervio plantar externo
<b>cm:</b> centímetro	<b>NPI:</b> nervio plantar interno
<b>CPU:</b> Clínica Podológica Universitaria	<b>NT:</b> nervio tibial
<b>CT:</b> Borde medial de la cortical tibial a 4 cm proximal del borde inferior del maléolo medial.	<b>NVPO:</b> náuseas/vómitos postoperatorios
<b>Da:</b> dalton	<b>OB:</b> observador
<b>DMR:</b> Dosis Máxima Recomendada	<b>OMS:</b> Organización Mundial de la Salud
<b>ECG:</b> electrocardiograma	<b>P:</b> proximal
<b>EVA:</b> Escala Visual Analógica	<b>p.ej:</b> por ejemplo
<b>FDL:</b> tendón flexor largo de los dedos	<b>PA:</b> presión arterial
<b>FHL:</b> tendón flexor lardo del Hallux	<b>PABA:</b> ácido paraaminobenzoico
<b>G:</b> calibre aguja	<b>PCR:</b> Proteína C Reactiva
<b>h:</b> hora	<b>PP:</b> punto más prominente del maléolo medial
<b>HTA:</b> hipertensión arterial	<b>PVN:</b> paquete vasculonervioso
<b>i.m.:</b> intramuscular	<b>RCI:</b> rama calcánea inferior
<b>i.v.:</b> intravenoso	<b>RCM:</b> rama calcánea medial
<b>IC:</b> Intervalo de Confianza	<b>s:</b> segundo
<b>IMAO:</b> Inhibidores de la Monoamino Oxidasa	<b>S.:</b> Siglo
<b>IMC:</b> Índice de Masa Corporal	<b>SCV:</b> Sistema Cardiovascular
<b>IQ:</b> Intervención Quirúrgica	<b>Spm:</b> espécimen
<b>ITB:</b> Índice Tobillo Brazo	<b>SNA:</b> Sistema Nervioso Autónomo
<b>Kg:</b> kilogramo	<b>SNC:</b> Sistema Nervioso Central
	<b>SVB:</b> Soporte Vital Básico
	<b>T<sup>a</sup>:</b> temperatura
	<b>TLA:</b> tiempo de latencia absoluta
	<b>TLAt:</b> tiempo de latencia absoluta total
	<b>TLR:</b> tiempo de latencia relativa
	<b>TT:</b> túnel tarsiano
	<b>UV:</b> Universitat de València
	<b>VC:</b> vasoconstrictor
	<b>vs:</b> versus

# 1. INTRODUCCIÓN



## ***1.1. PASADO Y PRESENTE DE LA CIRUGÍA PODOLÓGICA***

En la historia de una profesión como es la podología, confluyen actividades personales, colectivas e institucionales en circunstancias sociales y entornos cambiantes. El profesional de la podología ha aplicado sus habilidades y capacidades para entender, curar y prevenir la enfermedad en los pies, conforme a determinados modelos científicos considerados válidos en cada momento (1).

El comienzo de la historia de la cirugía podológica en España se remonta a los orígenes del nacimiento de la figura del **barbero** durante el periodo de la Edad Media. En esta época, el barbero era el encargado de servir a los clérigos en el cuidado de las personas necesitadas y de ayudarlos en las intervenciones quirúrgicas.

Este paradigma cambia a finales del s. XIV y principios del s. XV (1356-1410), cuando la Medicina oficial se emancipa de forma definitiva de los monasterios y de otras instituciones religiosas. Como consecuencia, empiezan a formarse escuelas y hospitales que no tenían ningún tipo de carácter caritativo, sino que funcionaban como instituciones sanitarias.

Sin embargo, no es hasta 1857, cuando durante el reinado en España de Isabel II, aparecen las primeras reglamentaciones legales de los profesionales del pie. Se trata de la Real Orden de 10 de septiembre de 1857 la cual establecía las condiciones para la enseñanza de un cuerpo de auxiliares sanitarios denominados **practicantes**. La Real Orden de 21 de noviembre de 1861 define las competencias de este nuevo profesional sanitario entre las que se recogen “el arte del dentista y del callista”, las sangrías en general, las curas o la cirugía menor, entre otras. Se acuña por primera vez el término callista entendido como “persona dedicada al cuidado de los callos, uñeros y otras dolencias del pie sea o no cirujano”. A partir de esta fecha, los estudios de cirujano callista quedaron integrados en la carrera de practicante, que se convirtió en el especialista competente para ejercer la práctica de la cirugía menor. Es por ello que dicha ley, conocida como Ley Moyano, puede considerarse el fundamento legislativo del origen de la Podología en España.

En el año 1953 se regularon y unificaron las profesiones auxiliares sanitarias, formadas por los practicantes, las matronas y las enfermeras, creándose la titulación de Ayudante Técnico Sanitario (A.T.S.).

Dos años más tarde, mediante la Orden Ministerial de 23 de diciembre de 1955, se crea y se reglamenta la Escuela de Podología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Barcelona, utilizándose por primera vez en España la palabra Podología en el ámbito universitario. Al aprobar el curso mediante un examen teórico-práctico, los practicantes obtenían el diploma de Especialista en Podología.

Otra fecha clave para la Podología es el 29 de marzo de 1962 cuando, debido a la demanda social ante las afecciones y enfermedades de los pies, se reconoce y reglamenta la especialidad de Podología para los A.T.S., mediante el Decreto 727/1962. Por primera vez se utiliza la denominación legal de podología como profesión, y al profesional se le denomina **podólogo**. Se precisa el campo de actuación profesional del podólogo y se establecen sus limitaciones, y faculta al diplomado en podología, para con plena autonomía, recibir directamente al paciente (2).

Sin embargo, no es hasta el 24 de junio de 1988 cuando se publica el Real Decreto 649/1988, y se crean los títulos de Diplomado en Podología como titulación independiente, dotada con un plan de estudios propios, y no vinculada a otras titulaciones sanitarias. Fue entonces cuando la Podología fue reconocida como estudios universitarios específicos.

A partir de esta fecha clave se han ido sucediendo determinados hechos que han determinado el carácter profesional de la Podología y su progresión en el ámbito social, científico y académico.

Actualmente, la actividad podológica está regida por dos normas publicadas en el año 2003, el Decreto 1227/2003 y la Ley 44/2003. El decreto 1227/2003 de 10 de octubre regula los servicios y establecimientos sanitarios, y contempla la podología en el apartado C. 2.2.:“Consultas de otros profesionales sanitarios: centros sanitarios donde un profesional sanitario (diferente de médico u odontólogo) realiza actividades sanitarias. También se consideran consultas aunque haya más de un profesional

sanitario cuando la atención se centra fundamentalmente en uno de ellos y los restantes actúan de apoyo a éste.”. En cuanto a la oferta asistencial, la podología se ubica en el apartado U.4: “U.4 Podología: unidad asistencial en la que un podólogo es responsable de prestar cuidados específicos propios de su titulación relacionados con la patología de los pies”.

La normativa con rango de ley que clarifica el campo del podólogo es la Ley 44/2003 de Ordenación de Profesiones Sanitarias, en su artículo 7, párrafo 2d): “Podólogos: los Diplomados universitarios en Podología realizan las actividades dirigidas al diagnóstico y tratamiento de las afecciones y deformidades de los pies, mediante las técnicas terapéuticas propias de su disciplina”. Por tanto, con esta ley se reglamenta de nuevo el campo de actuación de la Podología y se establecen las funciones del podólogo/a.

En el Real Decreto 55/2005 de 21 de enero se establece la estructura de las enseñanzas universitarias y se regulan los Estudios Universitarios de Grado. De esta manera se inicia la transformación de las enseñanzas universitarias oficiales según las directrices de la Convergencia Europea. Las directrices, condiciones y el procedimiento de verificación y acreditación que deberán superar los planes de estudio conducentes a la obtención de títulos, quedan regulados dos años más tarde mediante el Real Decreto 1393/2007. En el caso de la titulación de Podología, es la “Orden CIN/728/2009, de 18 de marzo, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Podólogo”.

Posterior a ésta, tiene lugar una reforma legal de gran importancia para la profesión: la Ley 28/2009, de 30 de diciembre, de modificación de la Ley 29/2006, de 26 de julio, de garantías y uso racional de los medicamentos y productos sanitarios. En su artículo 3 punto 2, se modifica el apartado 1 del artículo 77, y presenta la siguiente redacción: “La receta médica, pública o privada, y la orden de dispensación hospitalaria son los documentos que aseguran la instauración de un tratamiento con medicamentos por instrucción de un médico, un odontólogo o un podólogo, en el ámbito de sus competencias respectivas, únicos profesionales con facultad para recetar

medicamentos sujetos a prescripción médica”. Con esta modificación, la especialidad de podología obtiene un gran logro y goza de una autonomía que hasta la fecha no era completa.

Como síntesis de todo el proceso evolutivo expuesto hasta ahora, podemos afirmar que la aparición de los antecesores del podólogo/a actual, vinculados a una práctica quirúrgica desde el primer momento, respondía a la necesidad y demanda social de atención podológica, como consecuencia de la carencia de profesionales capacitados para prestar atención especializada en la salud de los pies. Sin embargo, debido al gran desarrollo teórico y a los avances experimentados por la profesión, se impuso la necesidad de crear una figura profesional independiente con el objetivo de profundizar en el cuerpo de conocimientos específicos de la disciplina y formar especialistas capacitados para cubrir la demanda social de podología.

Actualmente, el podólogo/a es el profesional de la salud del pie, preparado a lo largo de su formación universitaria, para la práctica profesional de la podología en todas sus vertientes. La búsqueda de una mayor profesionalización de la Podología ha llevado a una alta especialización por parte de los/as podólogos/as en áreas propias de nuestra disciplina, entre las que se encuentra la cirugía podológica, cirugía ambulatoria del pie que permite, por medio de procedimientos quirúrgicos, la corrección de deformidades y malformaciones tanto congénitas como adquiridas del pie.

El progreso de la cirugía podológica está totalmente vinculada al progreso y a la evolución de la podología en general, con avances como la inclusión de la cirugía podológica dentro de las competencias profesionales del podólogo/a, y la aceptación legal de la autonomía del profesional de la podología para prescribir medicamentos.

La cada vez más creciente demanda por parte de la sociedad, de tratamientos quirúrgicos realizados por profesionales de la podología para el abordaje de diferentes patologías podales, ha permitido la descripción, el desarrollo y el perfeccionamiento de numerosas técnicas quirúrgicas de la mano de estos profesionales. Esta hiperespecialización podológica en el ámbito quirúrgico ha conllevado, a su vez, que a día de hoy coexistan dos modalidades de cirugía podológica: la cirugía podológica abierta o tradicional, y la cirugía percutánea o mínimamente invasiva.

## **1.2. IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DEL PROCESO ANESTÉSICO. PRIMERA TOMA DE CONTACTO DEL PACIENTE CON EL PROCEDIMIENTO QUIRÚRGICO.**

El fundamento de la anestesia locorregional es alcanzar la pérdida de sensibilidad, temporal y reversible, en un área circunscrita del cuerpo mediante la administración de anestésicos locales. Estos fármacos, encargados de bloquear de forma reversible la excitación en las terminaciones nerviosas al inhibir la conducción de impulsos en el nervio periférico, permiten llevar a cabo procedimientos quirúrgicos con la menor agresión posible y sin generar dolor al paciente.

Más de 100 años después del descubrimiento del primer anestésico local, la cocaína, es muy significativo el avance que se ha alcanzado en el conocimiento anatómico, neurofisiológico, farmacológico y farmacocinético de los anestésicos locales, así como en el desarrollo y procedimientos en las diferentes áreas de anestesia regional. Los antecedentes reportados de efectos adversos derivados del empleo de anestésicos locales, han sensibilizado al profesional de la necesidad de un uso más racional de estos fármacos. Asimismo, la comunidad científica está no sólo concienciada de la necesidad de descubrir nuevos fármacos, sino también de la importancia de conocer qué anestésico local de los disponibles tiene mejor margen de seguridad para un procedimiento dado, y qué bloqueo neural está asociado con menores complicaciones postanestésicas.

De hecho, las complicaciones anestésicas han disminuido significativamente en la actualidad, y la morbimortalidad de causa anestésica ha caído drásticamente en los últimos años (3). Este hecho se debe a varios factores, entre ellos al desarrollo de fármacos más seguros, con menos efectos indeseables, al avance de la tecnología que ha permitido el desarrollo de instrumentos necesarios para la localización de los nervios periféricos, y al desarrollo de nuevas técnicas tanto anestésicas como para el tratamiento del dolor postquirúrgico. A estos factores debe sumarse la mejor capacitación de los especialistas. Todo esto se denomina, sencillamente, mejora continua de calidad.

El término “calidad” es incorporado por primera vez al sector sanitario a comienzos del siglo XX. Actualmente, la calidad asistencial despierta un interés cada vez más creciente tanto por parte de los profesionales y de las instituciones sanitarias, como por parte de la sociedad, cada vez más exigente con los servicios de salud. El término calidad es el conjunto de funciones y características de un producto o servicio que satisfacen las necesidades de un cierto usuario. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la calidad en asistencia sanitaria consiste en asegurar que cada paciente reciba el conjunto de medios diagnósticos y terapéuticos más adecuado para obtener una atención sanitaria óptima, teniendo en cuenta todos los factores y conocimientos del paciente y del servicio médico, para lograr el mejor resultado con el mínimo riesgo de efectos adversos y la máxima satisfacción del paciente en el proceso (3).

Dentro del ámbito de la anestesiología, a comienzo de 1985 se publican los *Estándares Mínimos para Monitoreo del Departamento de Anestesia de Harvard Medical School* y en octubre de ese año la *American Society of Anesthesiologists* (ASA) crea el Comité para la estandarización de los cuidados en anestesia (3).

Según Borel, el concepto de **Gestión de Calidad en Anestesiología** puede definirse como “la práctica de la especialidad dentro de una estructura adecuada, con recurso humano idóneo, con procesos perfectamente definidos, resultados estadísticamente aceptados, evitando la producción de errores y logrando la mayor satisfacción de los pacientes, todo esto a un costo razonable”.

De las diferentes técnicas anestésicas locorreregionales descritas para llevar a cabo intervenciones quirúrgicas en el miembro inferior, algunas de ellas serán de ejecución exclusiva por parte del profesional médico anestesiólogo en función de su lugar de administración (peridurales o intradurales, plexos nerviosos) y de los fármacos empleados (propofol, etc.). Sin embargo, la totalidad de técnicas encaminadas a conseguir un bloqueo anestésico completo o incompleto en el pie y tobillo, pueden ser realizadas directamente por los profesionales de la podología especialistas en cirugía del pie.

El proceso anestésico es el primer acto de todo el procedimiento quirúrgico y la experiencia que tenga el paciente del mismo será clave para que el paciente esté predispuesto a volver a someterse a un proceso anestésico de pie y tobillo. Si bien las técnicas quirúrgicas descritas para el abordaje de diferentes patologías podológicas se han ido actualizando y mejorando sustancialmente con el paso de los años, esta evolución y actualización, no ha sido equiparable con el desarrollo y la mejora del procedimiento anestésico del pie y tobillo. Prueba de ello es la falta de contenido científico que permita analizar y comparar los resultados clínicos alcanzados con las diferentes técnicas anestésicas descritas hasta el momento (tiempo de latencia, duración del bloqueo anestésico, dolor referido por el paciente, etc.).

Es por ello que es necesario dotar al ámbito de la cirugía podológica, y más concretamente, al acto anestésico previo, de una visibilidad oportuna y de una conceptualización adecuada. El concepto de calidad del proceso anestésico, por tanto, debe ser uno de los pilares fundamentales que sostenga el abordaje quirúrgico del pie y que permita promocionar la cirugía podológica.

Actualmente, la valoración de la calidad de un proceso asistencial se fundamenta principalmente en los indicadores de resultados. Estos constituyen un reflejo indirecto de nuestras estructuras, de nuestra formación, de los cuidados que se realizan, de nuestros fallos de organización, y de nuestros limitados conocimientos sobre algunos problemas de salud (4).

En el ámbito de la cirugía podológica, el resultado esperado tras realizar un bloqueo anestésico debe ser alcanzar un efecto anestésico duradero en el tiempo, que genere el menor dolor posible al paciente durante su aplicación, con una relación de riesgo-beneficio lo más razonable posible y que no comprometa la seguridad clínica del paciente, que permita una deambulación postoperatoria temprana y que garantice la satisfacción del paciente.

### ***1.3. REQUISITOS PARA LA PRÁCTICA DE LA ANESTESIA AMBULATORIA EN CONDICIONES DE SEGURIDAD.***

Una conferencia de consenso realizada en marzo de 1993 ha permitido definir los servicios médicos sin hospitalización, entendiendo la cirugía ambulatoria como “las intervenciones quirúrgicas y/o exploraciones, programadas y efectuadas en condiciones técnicas que necesitan de forma imperativa la seguridad de un quirófano, bajo una anestesia de modo variable y seguidas de un control postoperatorio prolongado, todo lo cual permite, sin aumentar el riesgo, el alta del paciente el mismo día de su intervención” (5).

El término ambulatorio hace referencia, por tanto, a cualquier práctica médica, organizativa y administrativa, que permita que el paciente abandone el centro el mismo día en que se llevó a cabo la intervención ambulatoria. Actualmente, la permanencia en el centro debe ser inferior o igual a 12 horas y puede consistir en el alta al domicilio habitual o a un lugar de alojamiento temporal, como una institución medicalizada o el domicilio de un allegado.

La práctica de la anestesia ambulatoria en condiciones de seguridad para el paciente impone algunos requisitos relativos a la naturaleza de la intervención, a la selección de los pacientes (criterios psicosociales, ambientales y médicos), a la información facilitada y a la práctica de la anestesia (5).

#### **1.3.1. Requisitos relativos a la naturaleza de la intervención**

Las intervenciones que pueden practicarse en modalidad ambulatoria son intervenciones con bajo riesgo hemorrágico, dolores postoperatorios relativamente previsibles y controlables a domicilio, y asociadas a un bajo índice de complicaciones. Todos los procedimientos quirúrgicos de partes blandas (matricectomías, tenotomías, capsulotomías, extirpación de tumoraciones) y cirugía osteoarticular del pie (osteotomías, bunionectomías, artroplastias) cumplen con estos requisitos.

### **1.3.2. Criterios de selección de los pacientes para ser sometidos a un procedimiento de anestesia locorregional**

Los criterios de selección de los pacientes para la anestesia y cirugía ambulatoria son médicos, psicosociales y ambientales.

#### **CRITERIOS MÉDICOS**

La mayoría de las enfermedades no representan una contraindicación para la modalidad de cirugía ambulatoria. Sin embargo, algunas de ellas deben tenerse en cuenta según su gravedad, debido a los riesgos potenciales que se pueden derivar durante el tratamiento quirúrgico-anestésico del paciente (6):

- **Hipertensión:** la hipertensión descontrolada (diastólica >110 ó 120 mm de Hg) es una de las causas más frecuentes de cancelación de intervenciones. El paciente hipertenso debe seguir tomando la medicación habitual matutina previa a la intervención con un sorbo de agua, excepto los diuréticos, y completar el tratamiento preoperatorio con una benzodiacepina.
  
- **Enfermedad cardíaca:**  
Los factores que aumentan el riesgo quirúrgico en pacientes con enfermedad cardiovascular son:
  - La hipertensión no controlada
  - Infarto de miocardio en los seis meses anteriores
  - Insuficiencia cardíaca
  - Angina inestable
  - Enfermedad vascular sintomática
  - Fibrilación auricular
  - Arritmias ventriculares no tratadas
  - Bloqueos de 2º y 3º grado
  - Tratamiento con digoxina o antiarrítmicos

Los factores de bajo riesgo preoperatorio son:

- Edad superior a 70 años
  - Hipertensión tratada
  - Angina crónica estable
  - Hipertrofia ventricular izquierda
  - Tabaquismo
  - Hipercolesterolemia
  - Diabetes
  - Isquemia vascular cerebral o infarto de miocardio previo mayor a un año.
- Asma: normalmente son pacientes bien controlados con inhaladores, toleran el ejercicio físico y no suelen plantear problemas anestésicos. Es aconsejable conocer si el asmático ha tolerado antiinflamatorios no esteroideos, porque pueden ser causa de broncoespasmo.
  - Obesidad: la obesidad suele ir asociada con otras patologías preoperatorias: hipertensión, cardiopatía isquémica, diabetes, apnea y hernia de hiato. Para la selección de este tipo de pacientes se suele usar el IMC. En numerosos hospitales sólo se seleccionan para cirugía ambulatoria a los pacientes con un IMC inferior a 30.
  - Diabetes: los pacientes diabéticos no insulín-dependientes bien controlados, no suelen tener problemas en cirugía ambulatoria. La recomendación será no tomar la tableta hipoglucemiante antes de la cirugía. Se les debe practicar una glucemia postoperatoria y empezar la tolerancia oral antes del alta domiciliaria. Los pacientes diabéticos insulín-dependientes tampoco deben tener problemas en la unidad de cirugía ambulatoria si están bien controlados en su domicilio. Se recomienda considerar técnicas anestésicas locales o con mínima sedación y programar la cirugía lo más temprano posible. Debe omitirse la dosis de insulina matutina y tener azúcar a mano. El retorno al régimen normal de insulina-ingesta debe realizarse tan pronto como sea posible.

### CRITERIOS PSICOSOCIALES Y AMBIENTALES

Estos criterios son los más restrictivos, pero siguen siendo indispensables para garantizar la calidad y la seguridad de un tratamiento quirúrgico ambulatorio. El paciente debe reunir las siguientes condiciones (5,6): comprensión suficiente, capacidad para cumplir con las prescripciones médicas, condiciones de higiene y alojamiento al menos equivalentes a las que ofrece una hospitalización, disponibilidad de un acompañante que entienda y acepte el proceso y que esté dispuesto a cooperar en la recuperación del paciente en su domicilio, domicilio a menos de una hora de trayecto de un centro sanitario adecuado y, por último, disponer de acceso inmediato al teléfono.

En pediatría, los criterios psicosociales y ambientales son esenciales, pues el niño/a depende de sus padres. Concretamente, son dos los criterios que condicionan una contraindicación al tratamiento ambulatorio (5): la negativa del niño o de alguno de sus padres; o la falta de comprensión del proceso perioperatorio tras una información detallada. La información completa y la educación del paciente y de su familia son prerequisites indispensables.

#### **1.3.3. Información al paciente**

La información proporcionada al paciente y a sus allegados es un gran desafío para el profesional sanitario. El contenido de dicha información, su autor y la manera en la que se transmite, van a influir sobremanera en los aspectos claves del proceso anestésico y quirúrgico que se detallan a continuación (7):

- El potencial de desarrollo de la cirugía: una buena información previa es un modo eficaz de quebrar las últimas resistencias a priori del paciente, respecto a someterse a un tratamiento quirúrgico cuando éste está indicado.
- El nivel de miedo y ansiedad del paciente: el miedo y la ansiedad es un malestar psíquico y físico que nace de la sensación de peligro inmediato. Se caracteriza por un temor difuso, que va de la inquietud al pánico. La consulta prequirúrgica puede tener un efecto tranquilizador, sobre todo si es el primer

proceso anestésico al que se somete el paciente. Establecer un buen contacto con el paciente, proporcionar informaciones claras en la fase preoperatoria y quitar dramatismo a la intervención a la que va a someterse, disminuyen la ansiedad y la aprensión del paciente a la vez que previenen la aparición de manifestaciones somáticas derivadas del miedo (desórdenes intestinales, perturbaciones del sueño, palpitaciones, tensión muscular, etc (8).

- El cumplimiento del programa quirúrgico previsto y programado con anterioridad según las características del paciente y el tipo de intervención.
- La efectividad de la continuidad de los cuidados postoperatorios en el domicilio del paciente: el grado de cumplimiento de las prescripciones farmacológicas para un buen manejo del dolor postquirúrgico dependen en gran medida de la calidad de información transmitida por el profesional sanitario y de la capacidad de comprensión del paciente. Lo mismo ocurre con el cumplimiento del nivel de reposo relativo o absoluto indicado al paciente en función de sus características intrínsecas y de la técnica quirúrgica realizada. En pediatría, la información completa y la educación del paciente y de su familia son prerequisites indispensables. Estos criterios deben verificarse y completarse a lo largo del tratamiento dado que pueden condicionar no sólo la aparición de trastornos de conducta o del sueño tras una cirugía, sino también condicionar el desarrollo del proceso postquirúrgico. Un seguimiento telefónico del paciente el día siguiente de la intervención ha demostrado ser muy efectivo como apoyo psicológico y como medida para resolver dudas o preguntas del enfermo que hayan podido surgir durante las primeras horas y matizar algunas instrucciones a seguir.

#### **1.3.4. Planificación preoperatoria. Evaluación prequirúrgica**

La evaluación preanestésica del paciente tiene, como objetivos específicos, establecer una relación médico-paciente, familiarizarse tanto con la enfermedad quirúrgica como con las condiciones médicas coexistentes, desarrollar un plan de manejo de los cuidados anestésicos perioperatorios y obtener el consentimiento

informado para el procedimiento anestésico del paciente. Es una parte esencial de la preparación y valoración del paciente antes de la cirugía, que equivaldría a la suma de la visita personal, donde se conoce, se explora, se informa, se tranquiliza verbalmente y se prescriben los fármacos que coadyuven a la mejor tranquilidad del paciente frente a la intervención. A continuación, se detallan los aspectos que debería contemplar la planificación preoperatoria.

### REVISIÓN DE LA HISTORIA CLÍNICA DEL PACIENTE

La información relevante se obtiene mediante revisión de la historia clínica, seguida de una entrevista o anamnesis verbal con el paciente. Aunque la edad del paciente y la Clasificación del Estado Físico de la American Society of Anesthesiologists (ASA) son los predictores más exactos de las evoluciones adversas, el conocimiento de las actividades de la vida diaria del paciente puede ser útil para predecir la evolución global en el periodo postoperatorio.

El podólogo/a responsable del procedimiento anestésico deberá informarse acerca de:

- a. Los **síntomas** de la enfermedad quirúrgica actual, los estudios diagnósticos llevados a cabo, el diagnóstico de presunción, el tratamiento inicial y las respuestas al mismo.
- b. Las **condiciones médicas coexistentes**. Pueden complicar el curso quirúrgico y anestésico. Deben ser evaluadas desde un enfoque sistemático por órganos y aparatos. La cardiopatía isquémica previa puede predisponer al paciente a la isquemia miocárdica, arritmias ventriculares o al infarto de miocardio con el estrés de la cirugía y de la anestesia. La diabetes puede inducir al paciente a la isquemia silente, especialmente en aquellos con disfunción autonómica. Las alteraciones del sistema nervioso autónomo pueden conducir también a reflujo gastroesofágico. La hipertensión arterial no controlada se asocia frecuentemente con labilidad de la presión arterial durante la anestesia. El tratamiento diurético puede producir hipovolemia y desequilibrios electrolíticos, especialmente en ancianos. La hernia de hiato con síntomas de reflujo esofágico, incrementa el riesgo de aspiración pulmonar. Las premedicaciones y los agentes anestésicos pueden influir negativamente en el

flujo sanguíneo útero-placentario, actuar como teratógenos, o causar un aborto espontáneo en pacientes con probabilidad de embarazo.

- c. Las **medicaciones** utilizadas para tratar la enfermedad presente o las coexistentes, sus dosis y posología. Debe prestarse especial atención a los antihipertensivos, antianginosos, antiarrítmicos, anticoagulantes, anticonvulsivos y endocrinos específicos (p. ej., la insulina). Como norma general, los fármacos pueden continuar administrándose hasta la víspera de la intervención.

Los pacientes que sigan tratamiento con metformina, deben suspenderlo el día antes de la cirugía. Los pacientes tratados con anticoagulantes orales, serán derivados al hematólogo para ajuste y valoración del tratamiento anticoagulante y recibirán instrucciones estrictas en función de sus características desde la visita preanestésica. Igualmente, los pacientes tratados con antiagregantes plaquetarios deberán evaluarse de forma individualizada, valorando el beneficio/riesgo entre incremento de hemorragia y riesgo embólico o de infarto agudo de miocardio. La supresión de antiagregantes debe ser lo más breve posible, ya que puede aparecer hiperagregabilidad plaquetaria de rebote coincidente con el estado de hipercoagulabilidad propio de la cirugía. Si el paciente está en tratamiento con un AINE con efecto antiagregante potente, deberá sustituirse por uno de acción moderada o escasa (6). En la tabla 1 se recogen los principales fármacos con los que pueden interaccionar los anestésicos locales.

**Tabla 1** Interacciones farmacológicas con los anestésicos locales. (Modificada de: Malamed SF. Evaluación física y psicológica. Manual de Anestesia Local Barcelona: Elsevier España; 2013. p. 124-156).

Fármaco con el que interacciona el AL	Consideración	Acción
Cimetidina, bloqueante- $\beta$ -adrenérgico (propranolol)	El metabolismo hepático del AL de tipo amida puede verse disminuido.	Utilice los AL con precaución, en especial si repite las dosis.
Antiarrítmicos (mexiletina, tocainida)	Efecto depresor aditivo en el SNC y el SCV.	Utilice los AL con precaución, a la dosis más baja posible con la que se logra la anestesia.
Depresores del SNC: alcohol, antidepressivos, antihistamínicos, benzodiazepinas, antipsicóticos, antihipertensivos de acción central, relajantes musculares, otros AL, opiáceos	Posible efecto aditivo depresor respiratorio o del SNC.	Considere reducir la dosis máxima de AL, en especial con los opiáceos.
Inhibidores de la colinesterasa: fármacos antimiasténicos, antiglaucomatosos	La dosis de los fármacos antimiasténicos debe ajustarse, ya que los AL inhiben la transmisión neuromuscular.	Consulte con el médico

d. Las **alergias y reacciones farmacológicas**.

Cualquier fármaco que, por observación directa, documentación clínica o descripción por parte del paciente, conduzca a la aparición de manifestaciones cutáneas (prurito con habones o enrojecimiento), tumefacción facial u oral, disnea, sofocación, sibilancias o colapso vascular, debe considerarse como una reacción alérgica verdadera.

- Los antibióticos son los alérgenos más frecuentes, especialmente las sulfamidas, la penicilina y los derivados cefalosporínicos.
- La alergia conocida al aceite de soja o a los componentes de la yema de huevo puede impedir el uso de forma segura de algunas preparaciones del propofol.
- La alergia verdadera a los anestésicos locales tipo amida es extremadamente infrecuente, aunque un episodio de síncope, taquicardia o palpitaciones en la consulta médica tras administración de un anestésico

local aminoamida puede ser incorrectamente etiquetada como reacción alérgica. Por el contrario, los anestésicos locales tipo éster son altamente sensibilizantes.

- e. Los **antecedentes anestésicos** del paciente con el fin de conocer su respuesta a las premedicaciones sedantes/analgésicas y a los agentes anestésicos utilizados. También se interrogará acerca de la aparición de complicaciones perianestésicas como, reacciones farmacológicas adversas, cefaleas, despertar intraoperatorio, náuseas y vómitos postoperatorios prolongados e inestabilidad cardiorrespiratoria.
- f. El **uso de drogas y alcohol**. El abuso de estimulantes puede conducir a palpitaciones, angina auténtica, pérdida de peso y disminución de los umbrales para la precipitación de arritmias y convulsiones graves. La intoxicación etílica aguda disminuirá las necesidades de anestesia y predispone a la hipotermia y a la hipoglucemia, mientras que la abstinencia del etanol puede precipitar hipertensión grave, temblores, delirio, convulsiones y aumentar notablemente los requerimientos anestésicos. El uso habitual de opiáceos y benzodiacepinas, puede incrementar significativamente las dosis necesarias para inducir y mantener la anestesia o para proporcionar una analgesia postoperatoria adecuada.

### EXAMEN FÍSICO DEL PACIENTE

El examen físico de un paciente que va a someterse a un proceso de anestesia locorregional del pie y tobillo, debe ser completo para determinar con precisión cualquier riesgo potencial presente en el paciente antes de comenzar el tratamiento quirúrgico. Los objetivos de esta evaluación física son:

- Determinar la capacidad del paciente para tolerar *físicamente* y *psicológicamente* el estrés que supone el tratamiento quirúrgico del pie planificado.
- Determinar si está indicada la modificación del tratamiento para lograr que el paciente tolere mejor el estrés del tratamiento quirúrgico.

- Determinar si está indicado el uso de medicación prequirúrgica (el uso de psicosedación).
- Determinar si el tratamiento quirúrgico planeado o cualquiera de los fármacos que van a ser empleados están contraindicados.

El estrés al que está sometido un paciente que está programado para una intervención quirúrgica del pie, puede ser fisiológico o psicológico. Los pacientes con enfermedades médicas subyacentes pueden tolerar peor los niveles habituales de estrés asociado con los procedimientos quirúrgicos. En estos pacientes es más probable que se presenten exacerbaciones agudas de sus enfermedades médicas subyacentes durante los períodos en los que aumente el estrés. Entre dichas enfermedades se encuentran la angina de pecho, los trastornos convulsivos y el asma. Aunque la mayoría de estos pacientes pueden tolerar el tratamiento quirúrgico planificado con relativa seguridad, el equipo quirúrgico debe determinar si existe algún problema, la gravedad del mismo y cómo puede afectar al plan terapéutico.

El estrés excesivo también puede ser perjudicial en los pacientes sin enfermedades médicas. El miedo, la ansiedad y el dolor agudo producen cambios bruscos en la homeostasis corporal que pueden ser nocivos. Estos pacientes sanos pueden desencadenar cuadros de hiperventilación y síncope vasodepresores como respuesta al estrés psicológico que supone para ellos el procedimiento quirúrgico.

El examen físico proporciona al podólogo/a encargado del proceso anestésico, una información inmediata del estado físico del paciente. Esta evaluación física debe incluir los siguientes aspectos:

➤ **Monitorización de las constantes vitales.**

Las constantes vitales a monitorizar son las siguientes:

- a) *Presión arterial (PA)*. La presión arterial debe registrarse en ambos brazos y observarse cualquier disparidad entre las extremidades superiores (diferencias significativas pueden implicar una enfermedad de la aorta torácica o de sus ramas principales).

- b) *Frecuencia y ritmo cardíaco.* El ritmo y la frecuencia cardíaca (pulso) se pueden determinar a partir de la arteria radial, que se localiza en las regiones radial y ventral de la muñeca. Durante la evaluación se deben valorar tres factores: la frecuencia cardíaca (registrada como latidos por minutos), el ritmo cardíaco (regular o irregular), y las características del pulso (filiforme, débil, saltón, lleno). La frecuencia cardíaca debe evaluarse durante un minuto. La frecuencia cardíaca de reposo en los adultos es de 60-110 latidos por minuto. La bradipnea (frecuencia anormalmente lenta) puede deberse a la administración de opioides, mientras que la taquipnea (frecuencia anormalmente elevada) se observa en cuadros febriles, en situaciones de miedo (hiperventilación) y en la alcalosis.
- c) *Frecuencia respiratoria.* La frecuencia respiratoria normal de un adulto es de 14-18 respiraciones por minuto.
- d) *Temperatura.* La temperatura normal de un adulto oscila entre 35°C y 37°C.
- e) *Talla y peso.* Ambos parámetros son necesarios para el cálculo de las dosis terapéuticas de los fármacos empleados y para determinar las necesidades de volumen anestésico.
- **Valoración visual y exploratoria de las extremidades inferiores.**

La pérdida de masa muscular y la debilidad muscular deben documentarse, así como la perfusión distal general, el hipocratismo digital, la cianosis y las infecciones cutáneas, especialmente si éstas se localizan en los puntos diana planificados para llevar a cabo el bloqueo nervioso regional. Debe realizarse de manera sistemática la toma de pulsos periféricos y el Índice Tobillo Brazo (ITB) en todos los pacientes con una intervención quirúrgica programada. También se debe realizar una exploración neurológica de la función sensitivo-motora periférica.

➤ **Inspección visual del paciente.**

La inspección visual del paciente proporciona información valiosa sobre el estado médico y el nivel de aprensión hacia el tratamiento programado. La observación de la postura del paciente, de los movimientos corporales, del patrón de lenguaje y de la piel puede ayudar a diagnosticar trastornos significativos que pueden haberse pasado por alto.

➤ **Pruebas de laboratorio**

En los pacientes que presentan una historia clínica y una exploración física normales, no estaría indicada la solicitud de analítica de rutina (6). Sin embargo, el Consejo General de Colegios Oficiales de Podólogos (9), recomienda solicitar en todos los casos un **perfil prequirúrgico básico** que incluya los siguientes parámetros: Na, K, Cl, hemograma, PCR, tiempo de protrombina y tiempo de cefalina, glucemia y creatinina. En función de las características del paciente y de la patología que presente el mismo se pueden solicitar pruebas séricas específicas: transaminasa GP-ALT, transaminasa GO-AST y Gamma-GT, Colesterol HDL, Colesterol LDL, triglicéridos, factor reumatoide, etc.

### VALORACIÓN DEL RIESGO ANESTÉSICO

La historia clínica del paciente, los hallazgos observados durante el examen físico y los resultados de las pruebas séricas, ofrecen una impresión global de la complejidad del proceso médico del paciente. Otro aspecto fundamental es la clasificación de los pacientes desde el punto de vista de los factores de riesgo. En 1962, la American Society of Anesthesiologists (ASA) adoptó el conocido en la actualidad como sistema de clasificación del estado físico ASA. Este sistema representa un método de estimación del riesgo médico que presenta el paciente al someterse a una intervención quirúrgica, siendo un método valioso para determinar el riesgo quirúrgico y anestésico antes de la intervención (tabla 2) (7):

- **Riesgo I.** Paciente sano (sin alteraciones fisiológicas, psíquicas o psicológicas).
- **Riesgo II.** Paciente con una enfermedad sistémica leve sin limitaciones en las actividades diarias.
- **Riesgo III.** Paciente con una enfermedad sistémica grave que limita su actividad, pero no es incapacitante.
- **Riesgo IV.** Paciente con una enfermedad sistémica incapacitante que es una amenaza constante para la vida.
- **Riesgo V.** Paciente moribundo cuya supervivencia probablemente no supere las 24 horas, con o sin intervención.

**Tabla 2** Sistema de clasificación del estado físico de la American Society of Anesthesiologists (ASA). (En Malamed SF. Evaluación física y psicológica<br>. Manual de Anestesia Local Barcelona: Elsevier España; 2013. p. 124-156).

ASA	Definición	Ejemplo	Recomendaciones sobre el tratamiento quirúrgico
I	Paciente sano	—	Ninguna precaución especial.
II	Paciente con enfermedad sistémica leve.	Embarazo, diabetes tipo 2 bien controlada, epilepsia, asma, disfunción tiroidea, PA 140-159/90-94 mmHg.	Se puede realizar tratamiento electivo; considere modificar el tratamiento.
III	Paciente con enfermedad sistémica grave que limita la actividad, pero no es invalidante.	Angina de pecho estable, >6 meses tras ACV, asma inducido por el ejercicio, diabetes tipo 1 (controlada), epilepsia (no bien controlada), disfunción tiroidea sintomática, PA 160-199/95-114 mmHg.	Se puede realizar tratamiento electivo; considere modificar el tratamiento electivo.
IV	Paciente con enfermedad sistémica invalidante que supone una amenaza vital constante.	Angina de pecho inestable, <6 meses tras un infarto de miocardio, convulsiones no controladas, PA>200/>115 mmHg.	El tratamiento electivo está contraindicado; tratamiento urgente: no invasivo (p.ej., farmacológico) o en un entorno controlado.
V	Paciente moribundo con una expectativa de vida <24 horas sin intervención.	Cáncer terminal, enfermedad infecciosa terminal, enfermedad cardiovascular terminal, disfunción hepática terminal.	Cuidados paliativos.

ACV, accidente cerebrovascular; mmHg, milímetros de mercurio; PA, presión arterial.

La clasificación ASA es una referencia básica, que deben cumplir los anestesiólogos y aquellos profesionales que tienen como competencia profesional determinada cirugía ambulatoria, como es el caso de la cirugía podológica. La presencia del anestesista, será obligatoria en las intervenciones de los pacientes clasificados de ASA IV y V y en cualquier circunstancia que se aplique la anestesia general o sedación, excepto urgencias (también en los pacientes clasificados como ASA III en determinadas intervenciones), no siendo necesaria la presencia física de anestesista en cirugía podológica en pacientes clasificados ASA I y II (9).

### RECOMENDACIONES PARA EL AYUNO

El ayuno preoperatorio se define como el intervalo de tiempo previo a la intervención, en el que el paciente debe permanecer sin poder ingerir alimentos (sólidos y/o líquidos). La aspiración pulmonar perioperatoria se define como la aspiración pulmonar de contenidos gástricos que se sucede durante la inducción anestésica o en el postoperatorio inmediato.

El ayuno prolongado presenta algunos inconvenientes: puede provocar alteraciones metabólicas, hidroelectrolíticas y una importante sensación de malestar al paciente como causa de la ansiedad, hipovolemia e hipoglucemia que genera la privación prolongada de líquidos.

Las recomendaciones para el ayuno citadas a continuación, se basan en la Actualización 2017 de Guías prácticas para el ayuno preoperatorio (10). La implementación de estas recomendaciones, están limitadas a pacientes sanos de todas las edades sometidos a cirugías o exploraciones electivas. Las pautas no son válidas para aquellos que se someten a procedimientos sin anestesia o sólo con anestesia local, cuando los reflejos protectores de las vías respiratorias superiores no se deterioran y cuando tampoco son evidentes los factores de riesgo para la aspiración pulmonar.

La ingesta de líquidos claros puede realizarse hasta **2 horas antes** de las intervenciones que requieran anestesia general, anestesia regional o sedoanalgesia. No deben incluir alcohol. Es preferible zumos de uva blanca y manzana por su menor contenido en pulpa.

La ingesta de una comida ligera (por ejemplo, tostadas y líquidos claros), puede realizarse **6 horas antes** de los procedimientos electivos citados en el párrafo anterior.

El tiempo de ayuno para la ingesta de una comida que incluye alimentos fritos, grasos o carne deberá ser de **un mínimo de 8 horas antes** de los procedimientos quirúrgicos que requieren anestesia general o sedoanalgesia.

### MEDICACIÓN PREQUIRÚRGICA

En pacientes programados para cirugía ambulatoria, la medicación prequirúrgica se administra principalmente para aliviar el temor y la angustia generada por el procedimiento quirúrgico. En este sentido, la premedicación de primera elección debe ser el *apoyo psicológico*. Con frecuencia el paciente tiene miedo, y el temor puede combatirse con un trato afectuoso e información.

Los fármacos a administrar deben caracterizarse por presentar un inicio de acción rápido y una duración apropiada. Las benzodiazepinas son los fármacos que más se utilizan en la medicación prequirúrgica por sus numerosas ventajas y sus escasos efectos secundarios. Tienen un efecto sedante, hipnótico, ansiolítico y miorrelajante y, además, producen amnesia anterógrada. El midazolam es una de las benzodiazepinas de efecto más breve. Administrado por vía oral (15 mg) produce sedación y amnesia anterógrada, que comienza al cabo de 20-30 min y se prolonga durante 50 min. Es, por estas características, el fármaco ideal para técnicas de anestesia locorregional (11).

En la actualidad, no se considera justificada la administración de antieméticos de forma profiláctica antes de la realización de una anestesia locorregional; es preferible tratar las NVPO cuando éstas aparecen. Tampoco está justificada la utilización de opioides de forma sistemática. Sin embargo, en el caso de los bloqueos que precisen de múltiples punciones y en pacientes muy aprensivos y ansiosos, puede estar justificado su uso. El opioide más utilizado para estas situaciones es el fentanilo.

## CONSENTIMIENTO INFORMADO

El consentimiento informado forma parte de toda actuación asistencial y se halla incluido dentro de la obligación de medios asumida por el médico. En la actualidad, el derecho del paciente de decidir libremente sobre las medidas terapéuticas y tratamientos que puedan afectar a su integridad, queda regulado en la ley 41/2002, de 14 de noviembre, básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica. Esta ley establece como principio básico, en su art.2.6, que “todo profesional que interviene en la actividad asistencial está obligado no sólo a la correcta prestación de sus técnicas, sino al cumplimiento de los deberes de información y de documentación clínica, y al respeto de las decisiones adoptadas libre y voluntariamente por el paciente”.

A este respecto, cabe señalar que la anestesia requiere su propio consentimiento, “sin que pueda confundirse ni mezclarse el consentimiento informado para una intervención quirúrgica con el requerido para la anestesia, que responde a otros riesgos individualizados, específicos y distintos de los que soporta la intervención quirúrgica a la que sirve” (12).

Además, es necesaria la coordinación entre el cirujano y el anestesta a la hora de informar al paciente sobre sus alternativas terapéuticas, dada la transcendencia de ambas informaciones en la decisión del paciente. Esta información debe facilitarse con el tiempo suficiente para que el usuario pueda reflexionar y madurar su posterior decisión. La Ley 1/2003, de 28 de enero, de la Generalitat, de derechos e información al paciente de la Comunidad Valenciana, establece, en su art. 11.2, que “la información se facilitará en todo caso, al menos veinticuatro horas antes del procedimiento correspondiente”, siempre que no se trate de actividades urgentes.

El objeto del consentimiento informado debe circunscribirse a la específica intervención o técnica anestésica para la que ha sido otorgado. Además, debe ser personalizado para cada paciente en función de sus propias circunstancias y estado clínico, debiendo informarse de las distintas alternativas anestésicas existentes, contraindicaciones, riesgos típicos y probables; sin caer en una información excesiva, que, en vez de informar, asuste y confunda al paciente (12).

## **1.4. BLOQUEO ANESTÉSICO DEL NERVIU TIBIAL**

Son cinco los nervios que inervan el pie. Cuatro de ellos, el nervio tibial, el nervio sural, el nervio peroneo profundo y el nervio superficial, son ramas distales del nervio ciático. El nervio safeno, por el contrario, es una rama distal del nervio femoral.

Por lo que respecta al nervio tibial, es necesario tener un conocimiento de la anatomía y de las posibles variaciones anatómicas del nervio, tanto para la realización de bloqueos anestésicos efectivos de la zona plantar del pie, como para la exposición quirúrgica y la prevención de lesiones nerviosas iatrogénicas derivadas de este nervio.

### **1.4.1. Anatomía del nervio tibial.**

El nervio tibial es una rama terminal del nervio ciático poplíteo interno. En su origen, este nervio se encuentra muy profundo, concretamente detrás de los músculos tibial posterior, flexor largo del primer dedo y común de los dedos, acompañado por la arteria y vena tibiales. Desciende distalmente entre el sóleo y el músculo tibial posterior a lo largo de la parte posterior del maléolo tibial. En su recorrido descendente, emite ramas colaterales motoras y sensitivas para los músculos poplíteo, tibial posterior, flexor propio del primer dedo, flexor común de los dedos y sóleo y para el borde externo de la articulación tibioastragalina, el borde interno del calcáneo y la planta del pie. Al llegar al borde interno del tendón de Aquiles se hace superficial, bordeando el maléolo interno. El túnel tarsiano es un túnel osteofibroso que está limitado anteriormente por la tibia y lateralmente por la apófisis posterior del astrágalo y del calcáneo. El retináculo flexor acompaña al contenido del túnel tarsiano y puede extenderse hasta 10 cm por encima del nivel del maléolo medial. Los contenidos del túnel tarsiano incluyen el nervio tibial, la arteria y la vena tibial posterior y los tendones del músculo tibial posterior, flexor largo del primer dedo y flexor largo de los dedos. Un plexo venoso complejo a menudo acompaña a la arteria y el nervio. Dentro del túnel del tarso, el nervio tibial queda ubicado entre los tendones de los músculos flexor largo común de los dedos y flexor largo del primer dedo, para continuar hacia delante siempre acompañado del paquete vascular homónimo y bifurcarse en varias ramas terminales.

Las dos ramas principales del nervio tibial son los nervios plantar medial y plantar lateral. La división en la rama plantar medial y lateral ocurre normalmente en la zona retromaleolar, aunque se han encontrado bifurcaciones más proximales hasta 14 cm por encima del maléolo medial (13). Estudios en cadáveres han demostrado múltiples ramas calcáneas que pueden originarse tanto a partir del tronco del nervio tibial previamente a su bifurcación en nervio plantar medial y nervio plantar lateral, como a partir de estas dos ramas terminales (14-17).

### NERVIO PLANTAR MEDIAL

La rama más anterior y gruesa del nervio tibial, el nervio plantar medial, discurre bajo el retináculo de los músculos flexores y el abductor del primer dedo para recoger la sensibilidad de la piel de la cara plantar interna del pie anterior al talón, así como los músculos adductor del primer dedo, flexor corto común de los dedos, flexor corto del primer dedo y accesorio del flexor largo común de los dedos. En la mitad de compartimento plantar, a la altura de la base del primer metatarsiano, se divide en dos ramas principales, las ramas terminales medial y lateral que inervan los músculos lumbricales de los espacios interóseos 1º y 2º. La rama medial se bifurca y aparece una rama más medial (el nervio digital propio del primer dedo), que proporciona la sensibilidad a la parte medial del primer dedo. La rama lateral de la rama medial terminal se convierte en el primer nervio digital común, que aporta sensibilidad a la cara plantar del primer espacio interdigital. La rama lateral terminal del nervio plantar medial se divide formando el segundo y tercer nervios digitales comunes. El segundo nervio digital común atraviesa el segundo espacio intermetatarsiano y se bifurca formando el nervio lateral digital del segundo dedo y el nervio digital medial del tercer dedo. El tercer nervio digital común atraviesa el tercer espacio intermetatarsiano y se bifurca dando lugar al nervio digital lateral para el tercer dedo y al nervio digital medial para el cuarto dedo.

### NERVIO PLANTAR LATERAL

El nervio plantar lateral se localiza posteriormente al nervio plantar medial a la altura del borde más inferior del túnel tarsiano y pasa lateralmente por debajo de la fascia del músculo cuadrado plantar. Es el encargado de recoger la sensibilidad de la piel de la cara plantar externa del pie anterior al talón. Varias ramas motoras del nervio plantar lateral inervan los lumbricales y el segundo, tercer y cuarto músculo interóseo, así como los músculos flexor propio del quinto dedo, abductor del quinto dedo y oponente del quinto dedo. El nervio plantar lateral se divide posteriormente en el cuarto nervio digital común, que a menudo presenta una rama comunicante con el tercer nervio digital común antes de finalizar como el nervio lateral digital del cuarto dedo y el nervio medial digital del quinto dedo. La rama más lateral de este nervio plantar lateral, el propio nervio digital del quinto dedo, inerva la cara plantar lateral del quinto dedo.

### NERVIO CALCÁNEO

Rama terminal del nervio tibial de diámetro inferior al del nervio plantar medial y nervio plantar lateral, que se bifurca a menudo en el tercio distal de la pierna y se divide en dos ramas. La rama posterior (rama calcánea medial) proporciona inervación a la piel de la parte medial del tendón de Aquiles y a la piel de la parte posterior del talón. La rama anterior (rama calcánea inferior), es una rama plantar que recoge la sensibilidad de la piel plantar del talón. Discurre junto al borde interno del pie, y algunas de sus ramas terminales se anastomosan con ramas de los nervios vecinos: el nervio sural, la rama calcánea del nervio safeno y ramas cutáneas del nervio plantar medial y lateral (15).

#### **1.4.2. Técnicas anestésicas para el bloqueo del nervio tibial**

El procedimiento anestésico tiene como objetivo tratar de controlar la respuesta fisiológica a la lesión quirúrgica. La anestesia permite llevar a cabo intervenciones quirúrgicas y exploraciones diagnósticas en unas condiciones de seguridad adecuadas sin que el paciente perciba el dolor generado por la agresión quirúrgica.

El objetivo de la anestesia locoregional periférica, es eliminar el dolor de la zona que se va a intervenir mediante la inyección de un anestésico local lo más próximo posible al tronco nervioso comprometido, para provocar un cese temporal de su transmisión sensitiva y/o motora.

Son diversos autores los que han descrito diferentes técnicas de abordaje para llevar a cabo bloqueos anestésicos del pie a lo largo de estos años. Su objetivo ha sido proporcionar puntos de referencia para la localización de los nervios periféricos, en base a la anatomía y recorrido de los mismos, con el objetivo de mejorar la eficacia de los bloqueos anestésicos a nivel podal, e incrementar las garantías de alcanzar un bloqueo periférico óptimo minimizando en lo posible los riesgos derivados del proceso anestésico.

Tener un conocimiento absoluto de la anatomía e inervación del pie, conocer e identificar los puntos diana por excelencia para llevar a cabo el bloqueo de cada uno de los troncos nerviosos que inervan el pie, y dominar a la perfección el instrumental y el anestésico local a utilizar, son los cuatro ejes sobre los que debe sustentarse el proceso anestésico del pie para garantizar un bloqueo anestésico de calidad.

De los cinco troncos nerviosos, el nervio tibial y el nervio peroneo profundo se localizan en un plano más profundo, siendo el nervio tibial el que presenta mayor dificultad para su bloqueo (18-20). Los nervios peroneo superficial, sural y safeno, están situados en un plano subcutáneo y pueden ser fácilmente anestesiados mediante la creación de un generoso bloqueo en anillo alrededor de la cara anterior del tobillo, independientemente de la técnica seleccionada para llevar a cabo el bloqueo del nervio tibial. A continuación, se recogen las principales técnicas anestésicas descritas para llevar a cabo el bloqueo del nervio tibial:

– ***Bloqueo del nervio tibial. Técnica clásica de bloqueo de tobillo***

El bloqueo de tobillo fue descrito inicialmente por Labat en 1967 y posteriormente la técnica fue mejorada por diferentes autores, como Drripp, Eckenhuff-Vandam (1977) y Cousins-Bridenbaugh (1980) (21).

Esta técnica anestésica trata de bloquear los diferentes nervios que inervan el pie a su paso por la zona baja de la pierna, mediante la realización de una infiltración subcutánea circular alrededor de la región maleolar, a la altura de la mortaja tibio-peronea-astragalina, y teniendo presente que el nervio tibial y el nervio peroneo profundo discurren por planos más profundos.

Según Coughlin (2011) (13), el bloqueo del nervio tibial en la técnica clásica de bloqueo de tobillo se debe de llevar a cabo con el paciente en decúbito lateral y la extremidad que no va a ser intervenida en un plano inferior; o bien en decúbito supino con una rotación externa de la pierna para situar de manera más accesible la cara posteromedial del tobillo. La rodilla se debe colocar en flexión aproximada de 45° y el tobillo en dorsiflexión ligera o en una posición neutra. El punto de infiltración descrito por este autor se encuentra a unos dos traveses de dedo proximales a la punta del maléolo medial, es decir, a la altura del borde superior del maléolo. A esta altura, el nervio tibial se localiza posterior a la diáfisis de la tibia y directamente debajo del borde medial del tendón de Aquiles. La aguja se inserta sobre el borde medial del tendón de Aquiles y avanza perpendicularmente hacia la diáfisis tibial, hasta que la aguja contacta con la cortical posterior de la tibia. En este punto se retira unos 2-3 mm la aguja y se procede a depositar el anestésico local previa aspiración.

Otros autores localizan el punto diana para el bloqueo de este nervio a nivel del borde superior del maléolo medial, justo posterior al pulso de la arteria tibial posterior cuando éste es palpable, o bien en el punto intermedio entre el borde medial del tendón de Aquiles y el maléolo medial cuando no es posible localizar la arteria. La aguja se dirige hacia la cortical posterolateral de la tibia (20,22).

De la Quintana et al, también describen un bloqueo troncular del nervio tibial dos dedos por encima del maléolo medial. En este caso, la aguja se introduce dirigiendo su punta hacia abajo y adentro con un ángulo de 30°- 45° respecto a la superficie cutánea, y paralelo al eje vertical de la tibia (23). Estos autores recomiendan depositar la solución anestésica a ambos lados de la arteria tibial posterior. La palpación del pulso arterial ayudará una vez más en la localización del nervio tibial.

Monkowski por su parte, describe un abordaje del nervio tibial con el paciente en decúbito prono y el tobillo apoyado sobre una almohada. El punto de punción también se localiza a nivel del borde superior del maléolo medial (24). En este caso, hay que realizar un habón anestésico justo anterior al tendón de Aquiles, en el punto medio entre el tendón y la arteria tibial posterior. La aguja se dirige paralela a la zona plantar hasta contactar con la porción posterior de la tibia o hasta generar parestesias.

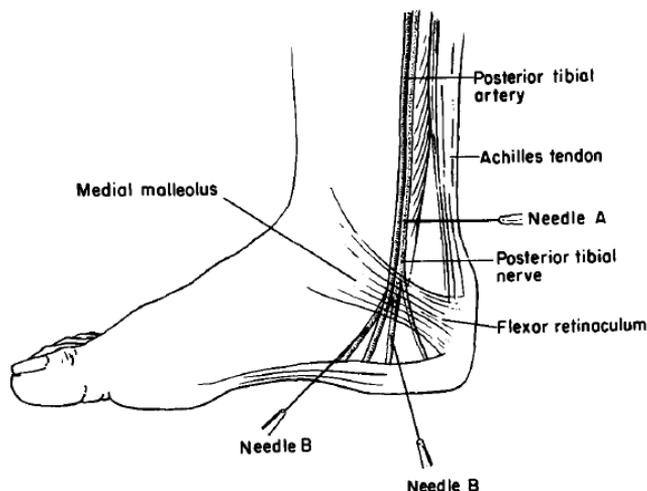
Otro abordaje es el propuesto por Tryba (25). Después de localizar el pulso de la arteria tibial posterior justo por detrás del maléolo medial, la punción se realiza perpendicular a la piel y se dirige inmediatamente hacia un plano dorsal con respecto a la arteria hasta contactar con la cortical ósea. En este punto, se retira unos mm la aguja, se aspira y se deposita el anestésico local.

Todas estas variaciones en el punto exacto de punción para llevar a cabo el bloqueo del nervio tibial, tienen un aspecto en común: los diferentes autores describen el punto diana para el bloqueo de este nervio a la altura del borde superior del maléolo medial.

#### – **Bloqueo del nervio tibial. Técnica Sharrock**

Un punto diana de punción alternativo al de localización en el borde superior del maléolo medial para llevar a cabo el bloqueo del nervio tibial es el descrito por Sharrock en 1986 (26). Este autor aboga por el bloqueo de los dos nervios más profundos, el nervio tibial y el nervio peroneo profundo, a nivel de la región mediotarsal del pie, es decir, distalmente a la ATPA, zona anatómica donde los troncos nerviosos adquieren una disposición más superficial y la localización de los mismos puede resultar más fácil. De acuerdo con el bloqueo del nervio tibial descrito por esta técnica, se debe localizar el pulso de la arteria tibial posterior por detrás del borde posterior e inferior del maléolo tibial con el paciente en decúbito supino y la cadera en ligera rotación externa (20° aproximadamente). Una vez localizado, se introduce la aguja con una orientación perpendicular a la piel y con una profundidad entre 1 y 1,5 cm y se realiza un depósito del anestésico local a ambos lados de la arteria tibial posterior (fig. 1). La percepción de presión debajo del dedo que está palpando el pulso de la arteria tibial posterior mientras se inyecta la solución anestésica refleja que la

mayor parte del anestésico local se ha depositado en el lugar adecuado con una difusión mínima al tejido circundante. Si no es posible localizar el pulso de la arteria tibial posterior, el profesional debe situar sus dedos índice y medio justo por debajo del borde posterior del maléolo tibial mientras se le solicita al paciente que realice movimientos de dorsiflexión y plantarflexión de los dedos (24). La punción se realiza justo detrás del tendón flexor común de los dedos.

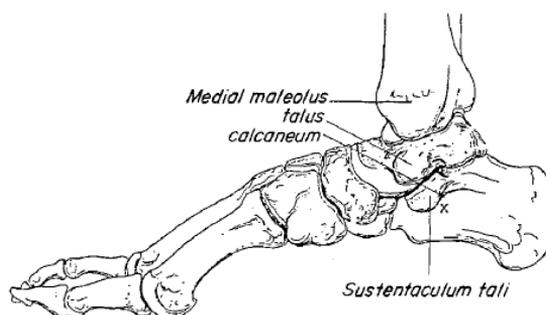


**Fig. 1** Técnica de Sharrock. Punto diana para el bloqueo del nervio tibial según la técnica clásica de tobillo (Aguja A). Puntos diana para el bloqueo del nervio tibial según la técnica Sharrock (Aguja B). (Reproducido de Sharrock NE, et al. Midtarsal block for surgery of the forefoot. *Br J Anaesth* 1986;58(1):37-40).

#### - Bloqueo del nervio tibial. Técnica Wassef

Otra técnica anestésica alternativa a los diferentes bloqueos anestésicos del nervio tibial abordados hasta ahora, es la técnica Wassef, descrita en 1991 por el autor que le da nombre. Esta técnica surge de la necesidad de establecer un punto diana específico que mejore la localización del nervio tibial, siendo el *sustentaculum tali* el punto anatómico de referencia que defiende este autor para realizar el bloqueo del nervio tibial (27). El *sustentaculum tali*, tuberosidad ósea del calcáneo, se localiza 2-3 cm distal al maléolo medial y mantiene una relación muy estrecha con el nervio tibial, discurriendo el nervio ligeramente inferior y posterior al *sustentaculum tali*. Esta técnica no requiere la identificación del pulso de la arteria tibial posterior, siendo útil

especialmente en pacientes con patología vascular periférica en los que resulta muy difícil localizar los pulsos arteriales (20,24). La aguja se introduce inmediatamente posterior e inferior a la tuberosidad ósea hasta contactar con la cortical del calcáneo, se retira 2-3 mm y se procede a administrar la solución anestésica previa aspiración negativa (fig. 2).

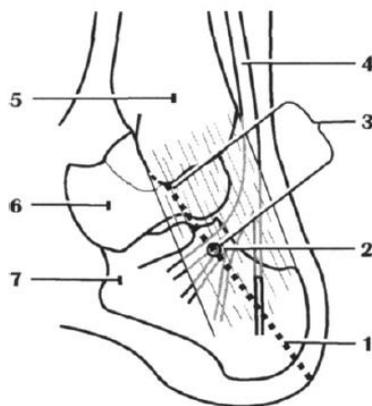


**Fig. 2** Técnica de Wassef. Aspecto medial del esqueleto del pie donde se visualiza el sustentaculum tali. La x indica el punto de entrada de la aguja para llevar a cabo el bloqueo del nervio tibial. (Reproducida de Wassef MR. Posterior tibial nerve block. *Anaesthesia* 1991;46(10):841-844).

#### - Bloqueo del nervio tibial. Técnica de Colgrove

Un punto de punción de localización similar al descrito por Wassef, es el que describe en el año 2001, Colgrove (28). Este autor propone identificar el punto más inferior del maléolo medial y trazar a partir de él una línea hasta el punto medio de la curvatura posterior del talón. El paciente puede posicionarse tanto en decúbito prono como en decúbito supino. El punto diana de punción para el bloqueo del nervio tibial se localiza a 25-30 mm de la punta del maléolo medial, siguiendo la línea de referencia (fig. 3). La aguja debe insertarse hasta contactar con el calcáneo para a continuación, retirarse 2-3 mm. El anestésico local se va depositando a la vez que se va retirando la aguja. Según Colgrove, en el punto donde el paquete

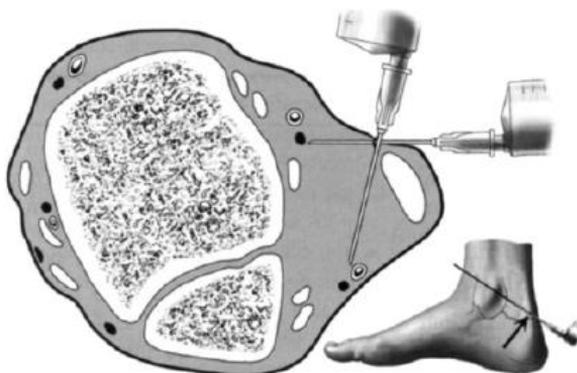
vasculonervioso cruza esta línea, el nervio tibial pasa por encima del calcáneo y la separación entre sus ramas distales no es muy amplia.



**Fig. 3** Técnica de Colgrove. 1, línea de referencia desde el borde inferior del maléolo medial hasta el talón; 2, punto de inserción de la aguja; 3, distancia desde el borde inferior del maléolo medial hasta el punto de punción (25-30 mm); 4, nervio tibial; 5, tibia; 6, astrágalo; 7, calcáneo. (Reproducida de Colgrove RC. *Technique tip: Posterior tibial nerve block. Foot and Ankle International* 2001;22(10):839-840).

#### - Bloqueo del nervio tibial. Técnica de Hromádka

Hromádka et al, a diferencia de los autores mencionados hasta el momento, describe en el año 2010 un bloqueo de tobillo llevado a cabo mediante dos únicas punciones (19). La primera punción, permite un bloqueo del nervio tibial y del nervio sural. La segunda punción, tiene por objetivo alcanzar el bloqueo del nervio peroneo profundo, del nervio peroneo superficial y del nervio safeno. Por lo que respecta al bloqueo del nervio tibial, éste se realiza en la parte superior del calcáneo, frente al tendón de Aquiles, con el paciente en decúbito supino y el pie rotado externamente hasta contactar con la camilla, y el tobillo en posición neutra. Una vez localizado el borde superior del calcáneo, se inserta la aguja, que debe avanzar lentamente a través del retináculo flexor hacia el maléolo medial, paralela al borde lateral del pie (fig. 4).



**Fig. 4** Técnica de Hromádka. El área de la primera punción se localiza en el borde superior del calcáneo, justo anterior al borde medial del tendón de Aquiles. La mitad de la aguja se introduce paralela al borde lateral del pie para aplicar el anestésico local cerca del nervio tibial. Luego la aguja se redirige a través del tejido blando ubicado anteriormente al tendón de Aquiles, para bloquear el nervio sural. (Reproducida de Hromádka R, et al. *Ankle block implemented through two skin punctures*. *Foot and Ankle International* 2010;31(7):619-623).

#### – Bloqueo del nervio tibial. Técnica Podológica

La técnica podológica fue descrita por Mercado y difundida posteriormente en España, concretamente en el ámbito académico de la Universitat de Barcelona, de la mano de Novel y Giralt. Se trata de una técnica específica que persigue conseguir una anestesia del antepié y la planta del pie. Su ejecución permite llevar a cabo cualquier técnica quirúrgica localizada en el antepié, desde el primer radio hasta el quinto pasando por radios centrales. El bloqueo del nervio tibial se realiza a nivel retromaleolar interno para alcanzar una insensibilización de la planta del pie. Se realiza una única punción seguida de tres cambios de dirección de la aguja con el fin bloquear todas las terminaciones distales del nervio que ya se han bifurcado a su paso por el maléolo medial. El punto diana para llevar a cabo la punción del nervio tibial se localiza a nivel retromaleolar, después de localizar la arteria tibial posterior y tras aspiración negativa. Se realiza un primer cambio de dirección de la aguja y se anestesia la rama anterior del nervio. El paciente referirá un pequeño calambre. Se retirará ligeramente la aguja y se infiltrará, previa aspiración, 2 ml de AL. Se irá extrayendo la aguja a la vez que se

infiltran pequeños habones anestésicos. Cuando 1/3 de la aguja aún esté en el interior, lateralizaremos la aguja hacia la planta para llevar a cabo la anestesia de la rama calcánea del nervio tibial. Finalmente, se realizará el bloqueo de la rama dorsal mediante la lateralización de la aguja hacia el maléolo medial. Se realiza el mismo procedimiento de infiltración en todos los casos. Actualmente, esta técnica aún o se ha difundido de manera extensa dentro del ámbito podológico español por falta de publicaciones científicas que la describan.

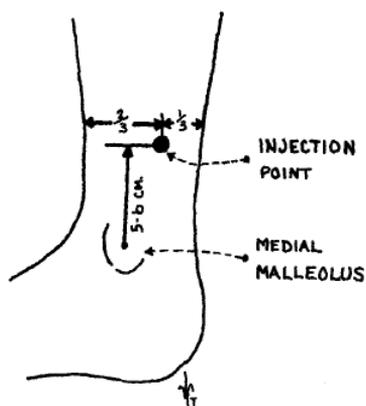
– **Bloqueo del nervio tibial. Técnica de Mayo**

La técnica de Mayo es una técnica anestésica que tiene por objetivo realizar un bloqueo específico de las terminaciones nerviosas que proporcionan sensibilidad a la zona anatómica correspondiente al primer radio. Su ejecución conlleva la infiltración de anestésico local en forma de anillo en todos los tejidos proximales a la zona a intervenir. A diferencia de las técnicas descritas hasta el momento, el bloqueo de los nervios comprometidos, entre ellos el nervio tibial, no se lleva a cabo mediante bloqueo troncular, sino mediante bloqueo anestésico por infiltración. La aguja se introduce perpendicular al plano de la planta del pie, a nivel proximal del primer espacio intermetatarsal y avanza hacia un plano más profundo hasta llegar a la zona plantar. En dicha localización se realiza un primer depósito de anestésico local. Posteriormente se procede a retirar la aguja en sentido ascendente depositando anestésico local a lo largo de todo el recorrido (29,30). Este primer gesto anestésico permite bloquear la rama plantar medial del nervio tibial, el nervio peroneo profundo y una porción de la rama distal del nervio peroneo superficial. El bloqueo anestésico de las ramas más mediales del nervio safeno y del nervio plantar interno se realiza mediante una segunda punción en el borde medial del primer radio, plantarmente al primer metatarsiano (29,30). La aguja, que se inserta perpendicular al borde medial del pie, se dirige hacia el borde externo hasta quedar completamente enterrada. Tras aspiración negativa, se procede a depositar el anestésico local a la vez que se retira la aguja.

### - Bloqueo del nervio tibial. Técnica supramaleolar

La técnica de bloqueo de tobillo a nivel supramaleolar trata de bloquear los diferentes nervios a su paso por la zona baja de la pierna, haciendo una infiltración subcutánea circular proximal a los maléolos.

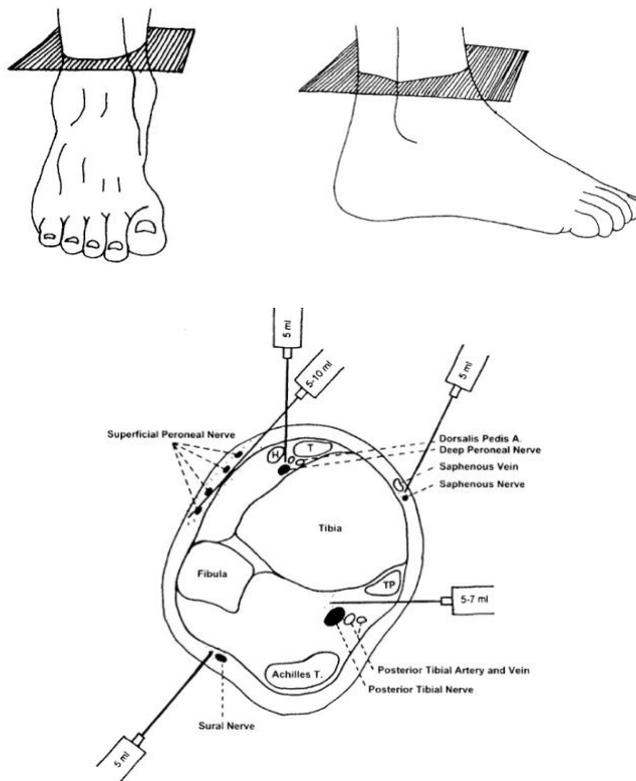
De todos los autores estudiados, el primero que describe un bloqueo del nervio tibial proximal al borde superior del maléolo medial, es Gerbert en 1971 (31). Este autor afirma que el nervio tibial se bifurca proximal al borde superior del maléolo medial en un porcentaje alto de la población, y describe un punto diana de punción entre 5 y 6 cm proximal respecto al tubérculo posterior e inferior del maléolo medial. Concretamente, mide la distancia entre el borde anterior de la tibia y el borde posterior del tendón de Aquiles, y la divide en tercios. La aguja debe insertarse perpendicular a la piel, a un tercio de distancia del borde posterior del tendón de Aquiles (fig. 5).



**Fig. 5** Técnica de Gerbert. Dibujo esquemático para representar el punto de punción para el bloqueo del nervio tibial. (Reproducido de Gerbert J. The location of the terminal branching of the posterior tibial nerve and its effect on administering a posterior tibial nerve block. *J Am Podiatry Assoc* 1971;61(1):8-11)

Sin embargo, es en el año 2001 cuando se utiliza por primera vez el término “bloqueo de tobillo supramaleolar” de la mano de Delgado-Martínez et al (32). Estos autores proponen un abordaje anestésico de los cinco troncos nerviosos a la altura del borde proximal de los maléolos (fig. 6). Su objetivo es ampliar el área anestesiada a

nivel supramaleolar y mejorar así la aceptación por parte del paciente de la utilización de un manguito de isquemia en el tobillo. Sin embargo, el bloqueo del nervio tibial que proponen no dista del descrito en la técnica clásica de bloqueo de tobillo. De hecho, se realiza buscando, al igual que en la técnica clásica, el pulso de la arteria tibial posterior a la altura del borde proximal del maléolo medial. Si éste se localiza, la punción se realiza justo posterior a la arteria, a nivel del borde superior del maléolo medial. Si no es posible localizar la arteria a nivel supramaleolar, la punción se realiza en el punto intermedio entre el borde posterior y proximal del maléolo tibial y el borde medial del tendón de Aquiles.



**Fig. 6** Técnica propuesta por Delgado et al. Todas las punciones se realizan a nivel supramaleolar. H: tendón del extensor largo del Hallux; T: tendón del tibial anterior; TP: tendón del tibial posterior. (Reproducida de Delgado-Martínez AD, et al. Forefoot surgery with ankle tourniquet: Complete or selective ankle block? [8]. Reg Anesth Pain Med 2001;26(2):184-186).

Otra técnica que puede adscribirse no sin cierta cautela al grupo de técnicas de bloqueo supramaleolar, es la técnica descrita por Nieto et al. en el año 2011. Estos autores describen el bloqueo del nervio tibial unos 2 cm por encima de una línea de referencia que une el maléolo medial y el tendón de Aquiles. El punto diana de punción para el bloqueo del nervio se localiza posterior a la arteria tibial posterior localizada previamente, y a 0.5 cm hacia el tendón de Aquiles debido a la posición más retrasada del nervio con respecto a las venas y a la arteria tibiales dentro del paquete vasculonervioso. Sin embargo, no especifican a qué altura anatómica del maléolo medial debe dibujarse la línea de referencia imaginaria a partir de la cual desplazar la aguja 2 cm hacia proximal (21).

### ***1.5. MATERIAL NECESARIO PARA LA REALIZACIÓN DEL BLOQUEO: CARACTERÍSTICAS DE LA AGUJA DE PUNCIÓN Y DE LA JERINGA***

#### **1.5.1. La aguja de punción**

La aguja es el vehículo que va a permitir que el anestésico local discorra desde la jeringa hacia los tejidos que rodean la punta de la misma. Está compuesta de una sola pieza de metal cilíndrica alrededor de la cual se sitúa el adaptador de la jeringa de metal o de plástico y el conector de la aguja. En todas las agujas hay tres componentes presentes:

- Bisel de la aguja: define la punta de la aguja, pudiendo clasificarse como largo, medio y corto. Cuanto mayor es el ángulo del bisel con respecto al eje largo de la aguja, mayor será el grado de desviación de la aguja a su paso por los tejidos blandos. La aguja cuya punta esté centrada en el eje largo sufrirá una desviación menor que una aguja biselada excéntrica.
- Eje de la aguja: es una pieza larga de metal cilíndrica que discurre desde la punta de la aguja hasta el conector. El diámetro de su luz determina el calibre de la aguja. La longitud del eje es otro factor a tener en cuenta a la hora de seleccionar la aguja a emplear.
- Conector: es una pieza de metal o de plástico a través de la cual se acopla la aguja a la jeringa.

## CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LA AGUJA

Los factores que se deben tener en cuenta a la hora de elegir una aguja son dos: su calibre y su longitud.

- Calibre de la aguja

El calibre (*gauge*, *G*) hace referencia al diámetro de la luz de la aguja: cuanto menor sea el número, mayor será el diámetro de su luz.

Las agujas de mayor calibre (23G, 25G o 27G) presentan una serie de ventajas respecto a las agujas de menor calibre (30 G) (33). En primer lugar, la aguja sufre una desviación menor a su paso por los tejidos blandos. Esto da lugar a una mayor precisión en la inserción de la aguja, que sigue una trayectoria más recta, y una mayor tasa de éxito, sobre todo para procesos anestésicos en los que la profundidad a la que se debe insertar la aguja es significativa (p. ej., bloqueo del nervio tibial). En segundo lugar, es mucho menos probable que las agujas de mayor calibre sufran una rotura. Asimismo, la aspiración de sangre es más fácil y más fiable a través de una luz de mayor calibre, siendo la resistencia a la aspiración mayor cuando se emplean agujas de luz más pequeña. Por ello se recomienda utilizar agujas de mayor calibre para cualquier técnica de inyección en una zona muy vascularizada o cuando la desviación de la aguja a través de las partes blandas es un factor influyente.

La desviación adquiere importancia cuando la aguja debe atravesar un mayor grosor de partes blandas. En la aguja convencional, el cono de la punta se localiza de manera excéntrica. A medida que la aguja avanza por las partes blandas, la punta sufre una desviación por el tejido que va atravesando. Cuanto mayor sea el ángulo del bisel, mayor será el grado de desviación de la aguja en la dirección contraria a su bisel ya que la desviación de la aguja es consecuencia de las fuerzas resultantes que actúan sobre su bisel durante la penetración y el avance a través de sus tejidos. Cuanto más larga sea la aguja, mayor será también la desviación como consecuencia de la mayor distancia recorrida a lo largo de la vía de desviación (33) (fig. 7).



**Fig. 7** Radiografía que demuestra los distintos grados de desviación de agujas de calibres diferentes (de izquierda a derecha, 30, 27 y 25). (Reproducida de Malamed S.F: *Manual de Anestesia Local*, 2.<sup>a</sup> ed., Barcelona, 2013, Elsevier).

Recientemente, se ha descrito una técnica nueva para reducir la desviación de la aguja. Se trata de la técnica de inserción de rotación doble (BRIT) (34) en la que el operador rota el mango o la aguja en un movimiento rotatorio hacia atrás y hacia delante mientras va avanzando la aguja a través de las partes blandas. Gracias al cambio constante de orientación del bisel con la rotación, este gesto permitiría eliminar o “neutralizar” la fuerza perpendicular al movimiento direccional anterógrado que se origina en la técnica de inserción lineal y que provoca la desviación de la aguja.

- Longitud de la aguja

Las agujas de punción están disponibles en tres longitudes: larga, corta y ultracorta. Las agujas ultracortas solo están disponibles con el calibre 30G. La longitud de una aguja corta oscila entre 20 y 25 mm medida desde el conector hasta la punta de la aguja, con un promedio de 20 mm. La longitud de una aguja larga oscila entre 30 y 35 mm con un promedio de 32 mm.

Cuando el grosor de las partes blandas que se va a atravesar es amplio, resulta preferible usar una aguja larga (p.ej., bloqueo del nervio tibial, bloqueo del nervio peroneo profundo). Las agujas cortas se suelen utilizar para cualquier tipo de inyección que no precise una penetración demasiado significativa (p.ej., a una distancia de 20 mm o menos).

### **1.5.2. La jeringa**

Es importante una correcta selección de la jeringa para el bloqueo que se desea realizar. La presión que va a ser necesario ejercer sobre el émbolo de la jeringa será mayor cuanto mayor sea el volumen de la misma. Por tanto, una jeringa de menor volumen permitirá apreciar mejor si existe alguna resistencia a la inyección del anestésico local (11).

## ***1.6. ANESTÉSICOS LOCALES: MANEJO CLÍNICO Y MARGEN DE SEGURIDAD***

Los anestésicos locales son los fármacos encargados de bloquear de manera reversible la conducción nerviosa al deprimir la propagación de los potenciales de acción en las fibras nerviosas. La práctica de la anestesia regional requiere la administración de una cantidad de anestésico local suficiente para producir el efecto deseado, pero sin riesgo de toxicidad sistémica. Los anestésicos locales son fármacos inocuos en dosis terapéuticas, pero las complicaciones de una sobredosis son potencialmente mortales. El conocimiento de la farmacología de los anestésicos locales y el cumplimiento de las normas de seguridad en su administración, son tanto o más importantes que las habilidades técnicas en la realización del bloqueo.

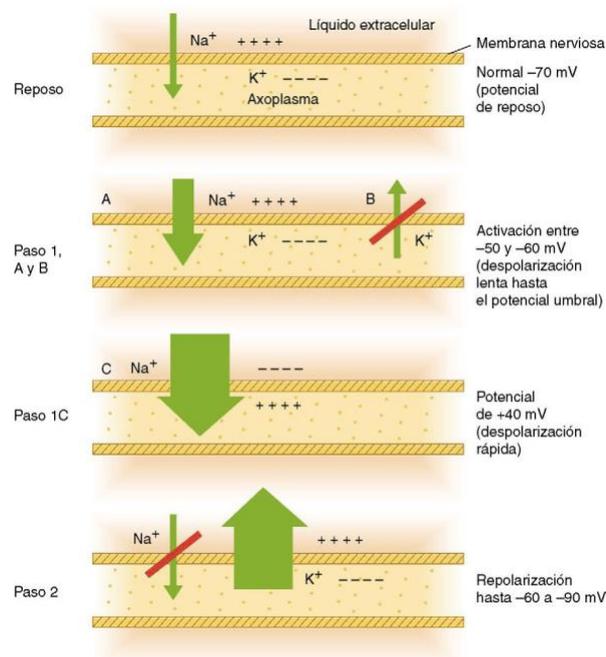
### **1.6.1. Fisiología de la transmisión nerviosa**

Los anestésicos locales establecen una barrera química entre la fuente del impulso y el cerebro impidiendo la génesis y la conducción de un impulso nervioso. El paciente no interpreta como dolor el impulso bloqueado, incapaz de alcanzar el cerebro.

La conducción nerviosa es el resultado de una transferencia de cargas eléctricas a ambos lados de la membrana celular, fosfolipídica, aislante. La membrana neural en estado de reposo mantiene una diferencia de voltaje de -90 a -60 mV entre las caras internas y externas (35,36). Este potencial de reposo se mantiene por un mecanismo activo dependiente de energía, la bomba Na-K, la cual introduce iones  $K^+$  en el interior celular y extrae iones  $Na^+$  hacia el exterior. En esta situación los canales

de sodio no permiten el paso de este ion a su través, están en estado de reposo y la membrana se halla polarizada.

Al llegar un estímulo nervioso, se inicia la despolarización de la membrana del nervio. A  $-35$  mV, el canal de sodio se abre bruscamente (canal activo), lo que permite el paso de iones  $\text{Na}^+$  a su través, que masivamente pasan al medio intracelular (35). Como consecuencia, la negatividad del potencial transmembrana se hace positiva, de unos  $10$  mV. Cuando la membrana está despolarizada al máximo, disminuye la permeabilidad del canal de sodio (canal inactivo) (fig. 8). Es entonces cuando el canal de potasio aumenta su permeabilidad, pasando este ion por gradiente de concentración, del interior al exterior, de forma más lenta y generando una corriente neta de salida. El potencial de membrana alcanza entonces  $+40$  mV de media (37).

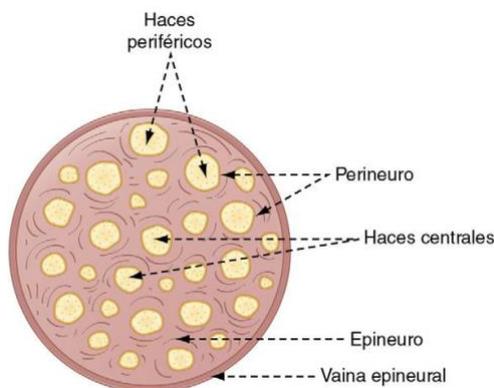


**Fig. 8** Fisiología de la transmisión nerviosa. Arriba, Potencial de reposo. Paso 1, A y B, Despolarización lenta hasta el umbral. Paso 1C, Despolarización rápida. Paso 2, Repolarización. (Reproducida de Malamed S.F: Manual de Anestesia Local, 2.<sup>a</sup> ed., Barcelona, 2013, Elsevier).

Posteriormente se produce una restauración de la fase inicial. Un descenso consecuente en la permeabilidad del  $\text{Na}^+$  y un aumento en la conductancia del  $\text{K}^+$  retorna a la membrana a su potencial de reposo. Los iones son transportados mediante la bomba Na-K, el  $\text{Na}^+$  hacia el exterior y el  $\text{K}^+$  hacia el interior. Es la repolarización de la membrana, pasando el canal de sodio de estado inactivo a estado de reposo. Los gradientes de concentración iniciales se restablecen con la bomba Na-K. Estos movimientos iónicos se traducen en cambios en el potencial eléctrico transmembrana, dando lugar al llamado potencial de acción, que se propaga a lo largo del axón de la fibra nerviosa (35,37). Todo este proceso de despolarización-repolarización dura 1 mseg, en un 30% de este tiempo se lleva a cabo la despolarización; la repolarización es más lenta (35).

### 1.6.2. Mecanismo de acción de los anestésicos locales

Un nervio periférico está compuesto por cientos/miles de axones fuertemente agrupados y protegidos, sostenidos y nutridos por varias capas de tejidos elásticos y fibrosos. Las fibras nerviosas individuales (axones) están cubiertas y separadas entre sí por el endoneuro. El perineuro une dichas fibras en haces denominados fascículos. La capa más interna del perineuro es el perilema. Los fascículos están contenidos en el interior de un entramado laxo de tejido conjuntivo denominado epineuro (fig. 9).

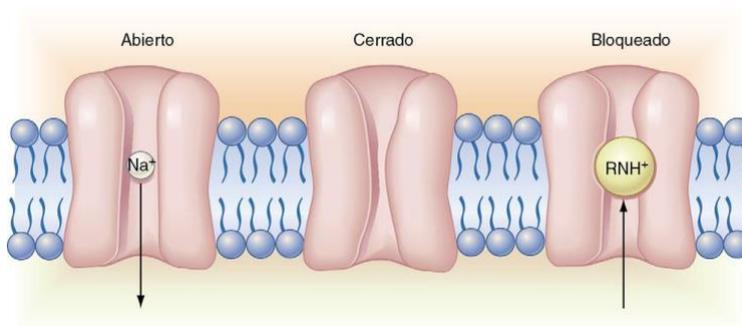


**Fig. 9** Disposición de las fibras y los haces nerviosos en el interior de un nervio periférico. (En Malamed S.F: Manual de Anestesia Local, 2.<sup>a</sup> ed., Barcelona, 2013, Elsevier).

Los anestésicos locales tienen facilidad para difundir a través del epineuro gracias a su consistencia laxa. Sin embargo, el perineuro y el perilema constituyen las mayores barreras de difusión del anestésico local a su través en un nervio periférico (38).

Los anestésicos locales bloquean la conducción nerviosa deprimiendo la propagación de los potenciales de acción en los axones de las fibras nerviosas. La membrana nerviosa es el lugar donde deben ejercer sus acciones farmacológicas. Se ha establecido que los efectos primordiales de los anestésicos locales se producen durante la fase de despolarización del potencial de acción (38).

Los anestésicos locales interactúan directamente con los receptores específicos del canal de  $\text{Na}^+$  bloqueando la entrada de  $\text{Na}^+$  a través de la membrana en respuesta a la despolarización nerviosa, es decir, reducen la permeabilidad de los canales iónicos al  $\text{Na}^+$  (39). El sitio de fijación para los anestésicos locales está situado en la porción interna de la región transmembrana del canal, por tanto, la molécula de anestésico debe atravesar la membrana celular mediante una difusión pasiva no iónica de la molécula sin carga. La forma no ionizada del anestésico actúa como vehículo transportador para atravesar la fase lipídica de la membrana neuronal (fig. 10).



**Fig. 10** Entrada al canal. El canal abierto es permeable a la entrada del ion sodio. El canal cerrado es impermeable al sodio, pero sigue siendo sensible al voltaje. El canal bloqueado, aunque está en una configuración abierta, es impermeable porque tiene un catión anestésico unido al receptor de la puerta. El anestésico local impermeabiliza la membrana al sodio, de ahí que no resulte excitable a las corrientes de acciones locales. (Reproducida de Malamed S.F: *Manual de Anestesia Local*, 2.<sup>a</sup> ed., Barcelona, 2013, Elsevier).

Una vez la molécula del anestésico local se halla en el interior del canal, es la forma ionizada la responsable de la interacción con el receptor y, por tanto, la responsable de la actividad farmacológica (39). Aproximadamente el 90% de los efectos bloqueadores de estos fármacos están causados por la forma ionizada; sólo el 10% de la acción bloqueadora de la conducción nerviosa está producida por la forma no ionizada del fármaco (38).

Un impulso que llega a un segmento nervioso bloqueado se detiene porque es incapaz de liberar la energía necesaria para que continúe su propagación. Como consecuencia, el número de potenciales de acción que el nervio puede transmitir por unidad de tiempo va disminuyendo a medida que aumenta la concentración del anestésico hasta que el bloqueo es completo y el nervio es incapaz de despolarizarse. La interacción del anestésico local con el canal es reversible y termina cuando su concentración cae por debajo de un nivel crítico (concentración bloqueante mínima) (39).

La concentración bloqueante mínima o **concentración inhibitoria mínima (CIM)** es la concentración mínima de anestésico local necesaria para bloquear la conducción del impulso nervioso a lo largo de una fibra nerviosa dentro de un periodo de tiempo (40). La CIM es variable para cada tipo de AL y son varios los factores fisicoquímicos que pueden afectar a esta medida de potencia relativa:

- *pH*. Los AL son bases débiles y las formas no ionizadas son las que atraviesan la membrana axonal. Como el pH ácido antagoniza el bloqueo, la CIM es menor en un pH alto.
- *Tamaño, tipo y mielinización de las fibras*. Las fibras A y B, de mayor tamaño y mielinizadas, requieren mayor concentración de AL que las fibras C, más pequeñas y amielínicas, para que se produzca la inhibición de la conducción del impulso.
- *Concentración de calcio*. A mayor concentración de calcio y menor concentración de potasio extracelular, mayor CIM ya que la hipercalcemia y la hipopotasemia antagonizan el bloqueo.

- *Frecuencia de estimulación del nervio.* El acceso del anestésico local al receptor de  $\text{Na}^+$  aumenta por la abertura repetida del canal de  $\text{Na}^+$ . Mayor potencia anestésica aparente con frecuencias de estimulación mayores.

### 1.6.3. Inducción de la anestesia

Tras la administración de un anestésico local en el interior de partes blandas próximas a un nervio, las moléculas del anestésico local recorren la distancia de un sitio a otro, según su gradiente de concentración. Durante la fase de inducción de la anestesia, el anestésico local se mueve desde su lugar de depósito extracelular hacia el nervio, así como en el resto de direcciones posibles. La penetración de una barrera anatómica en la difusión se produce cuando un fármaco pasa a través de un tejido que tiende a limitar el movimiento molecular libre. El perineuro es la mayor barrera a la penetración de los anestésicos locales (38).

La velocidad de difusión depende de varios factores siendo el gradiente de concentración el más significativo de ellos. Cuanto mayor sea la concentración inicial de anestésico local, más rápida será la difusión de sus moléculas y su inicio de acción. El bloqueo de conducción completo de todas las fibras nerviosas de un nervio periférico requiere un volumen adecuado, así como el depósito de una concentración suficiente de anestésico local. En ninguna situación clínica se bloquea el 100% de las fibras de un nervio periférico (38).

El interés clínico de la acción de los anestésicos locales no sólo estriba en su capacidad para bloquear la propagación de los potenciales de acción en las fibras nerviosas, sino también en el hecho de que pueden hacerlo de manera selectiva. Es lo que se denomina **bloqueo diferencial**. El bloqueo diferencial se caracteriza por la disociación entre el bloqueo motor, el bloqueo sensitivo y el bloqueo vegetativo, que obedecen al bloqueo respectivo de las fibras  $\text{A}\alpha$ ,  $\text{A}\beta$ ,  $\text{A}\delta$  y de las fibras C (36) (tabla 3).

**Tabla 3** Clasificación de las fibras nerviosas. (En Beloeil H, Mazoit J. *Farmacología de los anestésicos locales*. EMC - Anestesia-Reanimación 2010;36(4):1-18).

Tipo de fibra	Mielinización	Diámetro (µm)	Velocidad de conducción (m/seg)	Función
Aα	+++	10-25	60-100	Fibras motoras y propioceptivas
Aβ, Aγ	+++	4-12	20-100	Fibras sensitivas y propioceptivas
Aδ	+	1-6	5-25	Dolor, temperatura, tacto
B	+	< 3	3-15	SNA preganglionar
C	0	0,3-2	0,2-2,5	SNA posganglionar, dolor, temperatura, tacto

SNA: sistema nervioso autónomo

Las fibras nerviosas más sensibles a los anestésicos locales son las fibras de menor diámetro, como es el caso de las fibras C. Por este mismo motivo, las primeras fibras nerviosas tipo A en bloquearse son las Aδ, y las últimas, las Aα (36). Los anestésicos locales bloquean de manera preferencial fibras pequeñas porque la distancia en la que tales fibras pueden presentar propagación pasiva de un impulso eléctrico es más corta (41). Sin embargo, el efecto de los anestésicos locales no sólo depende del diámetro de las fibras nerviosas, sino también del grado de mielinización de las mismas (36,37,41). Concretamente, otro factor que determina la sensibilidad de las fibras nerviosas a los AL son las distancias internodales. Este hecho se debe a la conducción saltatoria a través de los nódulos de Ranvier, donde se concentra la máxima densidad de canales de Na<sup>+</sup>.

La **cronología del bloqueo** u orden de pérdida de la sensibilidad es la siguiente (40):

- Aumento de la temperatura cutánea, vasodilatación (bloqueo de las fibras B).
- Pérdida de la sensación de temperatura y alivio del dolor (bloqueo de las fibras Aδ y C).
- Pérdida de la propiocepción (fibras Aγ).
- Pérdida de la sensación del tacto y la presión (fibras Aβ).
- Pérdida de la motricidad (fibras Aα).

Los nervios periféricos se clasifican de acuerdo con su tamaño y función. Hay algunos anestésicos locales con capacidad de producir un bloqueo preferentemente sensitivo, con menor o escasa afectación motora. Por tanto, mediante una selección cuidadosa del fármaco y una concentración adecuada de anestésico local es posible bloquear selectivamente la sensibilidad dolorosa y la sensibilidad térmica (fibras A $\delta$  y C) sin llevar a cabo un bloqueo motor significativo (fibras A $\alpha$ ). El bloqueo diferencial es el reflejo de la distribución de las fibras dentro del nervio periférico; la capa más externa se bloquea en primer lugar con un gradiente de concentración hacia dentro (38).

La **reversión del bloqueo** se produce en orden inverso. La sensación dolorosa está vehiculizada por las fibras A $\delta$  y C. La concentración extraneural de anestésico local va agotándose continuamente por difusión, dispersión y captación, mientras que la concentración intraneural del fármaco permanece relativamente estable. Se invierte por tanto, el gradiente de concentración, con lo que la concentración dentro del nervio supera la existencia fuera de él, y las moléculas de solución anestésica empiezan a difundir hacia el exterior.

#### **1.6.4. Estructura química y propiedades físicas de los anestésicos locales**

Los AL son bases débiles escasamente hidrosolubles, y con un peso molecular comprendido entre 220-288 Daltons (Da) (36). Las moléculas, pequeñas e inestables en agua, deben combinarse con un ácido fuerte para obtener una sal estable y soluble en agua a pH 4-7.

Todos los anestésicos locales responden a una estructura química superponible, que se divide en cuatro subunidades (35,36,40): un núcleo aromático (hidrófobo), una cadena intermedia y un residuo hidrófilo que contiene una amina terciaria. El anillo aromático confiere la liposolubilidad a la molécula, mientras que la amina es la parte hidrosoluble. Entre el anillo y la amina existe una cadena hidrocarbonada. La unión de esta cadena con la amina se hace mediante un grupo éster o un grupo amida. Esta característica química es la que clasifica a los anestésicos locales en dos grupos: aminoésteres o aminoamidas (fig. 11):

– *Subunidad 1: núcleo aromático*

Es el principal responsable de la liposolubilidad de la molécula. Está formada por un anillo bencénico sustituido. El grado de sustitución del núcleo aromático influye tanto en la hidrofobia como en el pKa de los ésteres. La adición de más grupos a este nivel aumentará la liposolubilidad.

– *Subunidad 2: unión éster o amida*

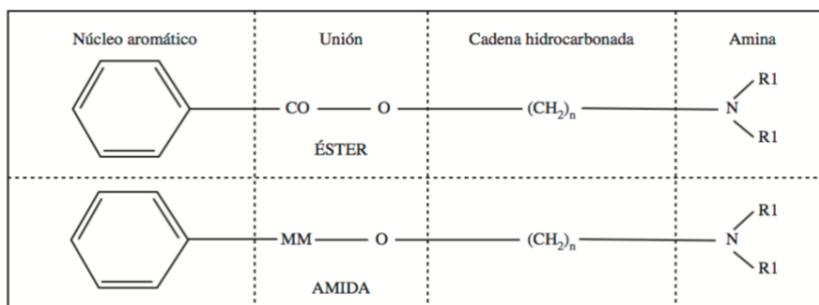
Es el tipo de unión del núcleo aromático con la cadena hidrocarbonada. Determina el tipo de degradación que sufrirá la molécula: los aminoésteres son metabolizados por la pseudocolinesterasas plasmáticas y los aminoamidas a nivel hepático, siendo estas últimas más resistentes a las variaciones térmicas.

– *Subunidad 3: cadena hidrocarbonada*

Generalmente es un alcohol con dos átomos de carbono. Influye en la liposolubilidad de la molécula, la cual aumenta con el tamaño de la cadena, así como en la duración de acción y en la toxicidad del anestésico local.

– *Subunidad 4: grupo amina*

El grupo amina está formado por una amina terciaria o cuaternaria. Este grupo es el que determina la hidrosolubilidad de la molécula y su unión a proteínas plasmáticas. Según los sustituyentes del átomo de nitrógeno variará el carácter hidrosoluble de la molécula.

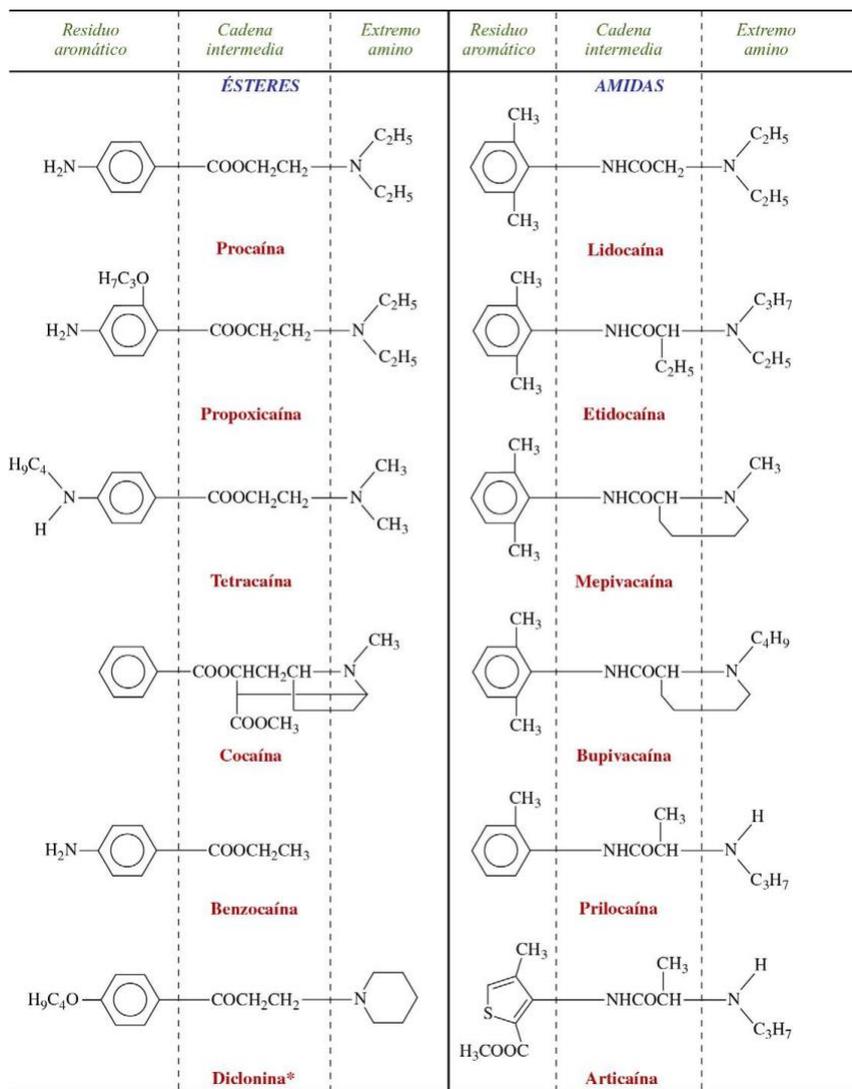


**Fig. 11** Estructura química de los anestésicos locales. (Reproducida de Trepal MJ, Jules KT: Anestésicos locales en cirugía podológica. Revista Internacional de Ciencias Podológicas 2007;1(1):49).

Las alteraciones de cualquiera de estas subunidades modifican la actividad del anestésico local por variaciones en la solubilidad, la potencia o el porcentaje de unión a las proteínas. En general, el incremento de peso molecular por adición de átomos de carbono a la cadena hidrocarbonatada, al núcleo aromático o a la porción amina, incrementa la liposolubilidad y potencia intrínseca del AL hasta alcanzar un máximo, pero también incrementa su toxicidad.

Los anestésicos locales tipo éster de uso clínico son la Procaína, la 2-Cloroprocaína, la Benzocaína y la Tetracaína (42). Sus moléculas se degradan rápidamente mediante hidrólisis por la enzima colinesterasa plasmática, transformándose en compuestos inactivos, lo que determina un bajo riesgo de toxicidad y una breve duración del efecto. Sin embargo, uno de los productos de su metabolización es el ácido paraaminobenzoico (PABA), el cual puede producir reacciones de tipo alérgico (35,36,42).

Los anestésicos locales de tipo amida utilizados en anestesia clínica son Lidocaína, Mepivacaína, Bupivacaína, Levobupivacaína y Ropivacaína (fig. 12). Su metabolismo se lleva a cabo mediante degradación enzimática en el hígado, sin producción de PABA, y las reacciones alérgicas asociadas con su administración son extremadamente infrecuentes.



\*La diclonina es una cetona.

**Fig. 12** Principales anestésicos locales de tipo éster y amida. (Reproducida de Malamed S.F: Manual de Anestesia Local, 2.<sup>a</sup> ed., Barcelona, 2013, Elsevier).

Muchas de estas moléculas contienen un carbono asimétrico que permite distinguir isómeros llamados enantiómeros o isómeros ópticos (denominación que se debe al poder rotatorio de estas moléculas en solución). La Lidocaína es una molécula que no presenta quiralidad al no poseer carbono asimétrico y, por tanto, no posee enantiómeros. En cambio, la mayoría de las otras aminoamidas (Mepivacaína, prilocaína, Bupivacaína) tienen un carbono asimétrico y se observan grandes diferencias de actividad y toxicidad entre las formas levógiras (S) y dextrógiras (R) de estos productos (36). La Ropivacaína es un enantiómero S puro. Lo mismo sucede con la Levobupivacaína, enantiómero S de la Bupivacaína. En general, las formas S son menos tóxicas y se asocian a una mayor duración de acción (40).

### **1.6.5. Características de los anestésicos locales**

Las principales características que definen a los anestésicos locales son tres: la potencia anestésica, el tiempo de latencia y la duración de acción del fármaco. Estas características están determinadas, a su vez, por las propiedades fisicoquímicas y farmacológicas de los anestésicos locales (tabla 4).

#### **Potencia anestésica:**

La potencia de los anestésicos locales depende principalmente de tres factores. El primero de ellos, y el que condiciona más la potencia del anestésico local, es la solubilidad de los lípidos. La liposolubilidad o lipofilia de la molécula determina la potencia del anestésico local en tanto en cuanto éstos deben de atravesar la membrana axonal constituida en un 90% por lípidos para poder ejercer su acción farmacológica. Existe una correlación directamente proporcional entre el coeficiente de liposolubilidad de los distintos anestésicos locales y su potencia anestésica (35,36,40,42).

**Tabla 4** Propiedades fisicoquímicas y farmacológicas de los principales anestésicos locales. (Modificada de Malamed S.F: Manual de Anestesia Local, 2.<sup>a</sup> ed., Barcelona, 2013, Elsevier).

Propiedades fisicoquímicas y propiedades farmacológicas de los anestésicos locales								
	PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS			PROPIEDADES FARMACOLÓGICAS				
Fármaco	Peso molecular (base)	pKa (36°)	Comienzo	Liposol. aprox.	[ ] eficaz usual (%)	Unión a proteínas	Potencia	Duración
Ésteres								
Procaína	236	9,1	Lento	1,0	2-4	5	0,5	Corta
Cloroprocaína	271	8,7	Rápido	ND	2	ND	1	Corta
Tetracaína	264	8,4	Lento	80	0,15	85	4	Larga
Amidas								
Mepivacaína	246	7,9	Rápido	1,0	2-3	75	1	Moderada
Prilocaina	220	7,7	Rápido	1,5	4	55	1	Moderada
Lidocaína	234	7,7	Rápido	4,0	2	65	1	Moderada
Ropivacaína	274	8,1	Moderado	2,8	0,2-0,5	94	3,3	Larga
Bupivacaína	288	8,1	Moderado	ND	0,5-0,75	95	4	Larga
Etidocaína	276	7,9	Rápido	140	0,5-1,5	94	4	Larga
Articaína	320	7,8	Rápido	17	4	95	ND	Moderada

ND, no disponible.

Los anestésicos locales con liposolubilidades más altas generan un bloqueo de conducción más eficaz a concentraciones más bajas (soluciones menos concentradas o volúmenes depositados menores) que los anestésicos locales menos liposolubles (43). En general, la potencia y la hidrofobicidad aumentan con un incremento en el número total de átomos de carbono en la molécula. Sin embargo, a mayor potencia del anestésico local, también es mayor el riesgo de toxicidad.

Otro factor que influye en la potencia del anestésico local es la concentración del mismo. A mayor concentración, mayor efecto. Sin embargo, una vez se llega a las dosis indicadas en la ficha técnica del anestésico, si se sigue infiltrando más anestésico local, no se obtiene mayor efecto sino mayor toxicidad (35).

La perfusión o vascularización de la zona donde se infiltra el anestésico local también es un factor que va a condicionar la acción del anestésico local. Las zonas muy vascularizadas absorben el anestésico infiltrado rápidamente y, por tanto, la rapidez en el inicio de la acción es mayor, aunque también condiciona a una eliminación precoz del anestésico local disminuyendo su tiempo de acción. Otro factor que influye en la potencia anestésica, es el poder vasodilatador y de redistribución hacia los tejidos, propiedad intrínseca de cada anestésico local (la lidocaína es más vasodilatadora que la mepivacaína) (35).

### **Tiempo de latencia:**

La velocidad de inicio de la acción del anestésico local está condicionada por la *constante de disociación* o  $pK_a$ . El  $pK_a$  de una sustancia química es el pH en el cual la mitad de las moléculas están en forma ionizada (forma con buena difusión en los compartimentos hídricos) y la otra mitad en forma no ionizada (forma con buena difusión a través de las membranas celulares) (36).

El  $pK_a$  de los anestésicos locales varía de 7,6 para la mepivacaína a 8,9 para la procaína. Con un pH plasmático de 7,40, el 60-85% de las moléculas amidas están en forma ionizada; este valor supera el 90% para los ésteres. Por tratarse de bases, cuanto mayor se aproximen los  $pK_a$  al pH del medio orgánico, mayor será la proporción de forma no ionizada y más rápida su penetración a través de las membranas de los nervios. El porcentaje de un determinado anestésico local presente en forma básica, no ionizada, cuando se inyecta en un tejido a pH 7,4 es inversamente proporcional al  $pK_a$  de ese anestésico local. Por lo tanto, fármacos con bajo  $pK_a$  tendrán un inicio de acción rápido y fármacos con mayor  $pK_a$  lo tendrán más retrasado (35,38).

Otro factor que influye en la latencia es la concentración de anestésico local utilizado. Los anestésicos locales de baja toxicidad como la clorprocaína permiten utilizarse a bajas concentraciones, obteniendo un inicio de acción más rápido del que cabría esperar por su elevado  $pK_a$  (aproximadamente de 9) (40).

### **Duración de acción:**

La duración de la acción del anestésico local depende, sobre todo, de la capacidad de unión a las proteínas, y se acepta que existe una estrecha relación entre el porcentaje de unión a las proteínas plasmáticas ( $\alpha 1$ -glucoproteína ácida) y la afinidad y la duración de la unión a las proteínas de membrana de los receptores en los canales de sodio y potasio. Cuanto mayor sea la afinidad del fármaco al receptor proteico, más tiempo permanecerán unidos y más duradera será la acción del AL (36,40). La procaína que se une a las proteínas en un 6% tendrá una acción corta; la prilocaína, la mepivacaína y la lidocaína que se unen en un grado intermedio (55-75%) tendrán una acción intermedia; la bupivacaína y la etidocaína que están unidas en el 95% tendrán una acción prolongada.

La duración del efecto anestésico también está influida por factores no relacionados con las propiedades fisicoquímicas de los anestésicos locales. Entre estos factores se encuentra la respuesta individual al fármaco, la precisión en el depósito del anestésico local, el estado de los tejidos en el lugar de depósito del fármaco (vascularización, pH), y el tipo de inyección administrada (38). La precisión de la administración del fármaco es uno de los factores más relevantes en muchos bloqueos nerviosos en los que se debe atravesar un grosor considerable de partes blandas para llegar hasta el nervio que se va a bloquear. El depósito del anestésico local cerca del nervio proporciona una anestesia más profunda y más larga que si se deposita a mayor distancia. La vascularización del medio también juega un papel importante. Los fármacos muy vasodilatadores, como la lidocaína, tienen una duración de efecto menor debido al aumento de la velocidad de absorción sistémica. Por el contrario, los anestésicos locales muy liposolubles, como la bupivacaína y la etidocaína, son absorbidos rápidamente por el tejido graso que circunda el área del bloqueo, y luego

liberados lentamente. Es precisamente este mecanismo el verdadero responsable de su acción más prolongada (42). Los factores farmacocinéticos que determinan la absorción del AL también afectan a la duración de acción (tabla 5).

**Tabla 5** Factores farmacológicos que influyen en la acción de los anestésicos locales. (En Malamed S.F: *Manual de Anestesia Local*, 2.<sup>a</sup> ed., Barcelona, 2013, Elsevier).

Factor	Acción afectada	Descripción
pKa	Comienzo	pKa más bajo = comienzo de acción más rápido, menor tiempo de latencia.
Liposolubilidad	Potencia anestésica	Aumento de la liposolubilidad = aumento de la potencia.
Unión a proteínas	Duración	Un aumento de la unión a proteínas permite que los cationes anestésicos (RNH <sup>+</sup> ) se fijen con más fuerza a las proteínas localizadas en los receptores; por tanto, aumenta la duración de acción.
Capacidad de difusión del tejido no nervioso	Comienzo	Aumento de la capacidad de difusión=disminución tiempo de latencia.
Actividad vasodilatadora	Potencia y duración acción	Actividad vasodilatadora mayor = aumento del flujo sanguíneo en la región = eliminación más rápida de las moléculas anestésicas desde el lugar de inyección; por tanto, disminuyen la potencia y la duración anestésica.
Bloqueo diferencial sensitivo-motor	Fibras nerviosas bloqueadas	Capacidad de bloquear selectivamente la sensibilidad térmica y dolorosa sin llevar a cabo un bloqueo motor significativo.

### 1.6.6. Factores no farmacológicos que condicionan la actividad anestésica

#### La dosificación del anestésico local

La potencia y duración de la acción anestésica mejora al aumentar la dosis de anestésico local, a la vez que se acorta el tiempo de latencia. El aumento de la masa total del anestésico local se puede conseguir mediante dos vías: administrando un volumen mayor de una solución anestésica menos concentrada, o administrando un volumen menor de una solución más concentrada de AL. El aumento del volumen tiene importancia por influir en la extensión de la anestesia. Un volumen mayor de solución

anestésica mejora la difusió del AL a lo largo del tronco nervioso y dentro de compartimentos. La relación entre el volumen y la extensión de la analgesia fue descrita por primera vez por De Jong en 1961 al demostrar que los nervios musculocutáneos y axilar eran bloqueados únicamente cuando se inyectaba suficiente solución anestésica dentro del compartimento neurovascular (44).

### **La adición de vasoconstrictores**

La adición de vasoconstrictores, principalmente Adrenalina al 1:200.000 ( $5 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ ), se usa con frecuencia para prolongar la acción de los anestésicos locales, aunque su aplicación clínica en el ámbito podológico está contraindicada debido a la realización de bloqueos anestésicos en zonas acras, y por tanto, muy poco vascularizadas y con alto riesgo de necrosis.

La adrenalina disminuye la altura del pico de concentración sérica de los anestésicos locales y prolonga el bloqueo al reducir el flujo sanguíneo local y hacer más lento el aclaramiento de los AL (36). De esta manera, se disminuye la velocidad de la absorción vascular y se incrementa la rapidez de instauración del bloqueo nervioso, su intensidad y, sobre todo, su duración, al favorecerse la disponibilidad de más moléculas de AL próximas a la membrana nerviosa (42). Esto permite incrementar la dosificación de los anestésicos locales con menor riesgo de toxicidad.

La utilización de vasoconstrictores a concentraciones elevadas puede desencadenar la presencia de efectos tóxicos tanto a nivel local (lesión tisular por isquemia) como a nivel sistémico (palpitaciones, angustia, taquicardia). Su uso, además de estar contraindicado en zonas acras, también debe estar limitado en pacientes con historia de hipertensión arterial, enfermedad coronaria, arritmias, tirotoxicosis, insuficiencia útero-placentaria y en los que reciben tratamiento con IMAO o antidepresivos (40).

## El pH del medio

El pH del medio en el que se administra el anestésico local influye de forma notable sobre su actividad bloqueadora nerviosa. Un pH ácido, presente en el medio cuando existe un proceso de infección o inflamación local, retrasa la difusión del anestésico local al incrementar la fracción ionizada del mismo. Los productos inflamatorios generan productos ácidos y como consecuencia, el pH de la zona inflamada es de 5-6 mientras que el pH del tejido normal es de 7,4 (38). Desde el punto de vista clínico, este pH más bajo tiene más probabilidades de producir una sensación urente durante la inyección, así como una latencia algo más lenta en la anestesia.

Se han descrito diferentes estrategias para mejorar el inicio y la duración de la acción anestésica. La primera de ellas es la alcalinización. La adición de bicarbonato sódico a las soluciones de anestésico local contribuye a aumentar el pH de la solución incrementándose la proporción de fármaco en forma básica, no iónica, y mejorando la tasa de difusión a través de la membrana. Se acelera su inicio de acción, se aumenta su eficacia clínica y su inyección se vuelve más confortable para el paciente (38). Para llevar a cabo la alcalinización se añade 1 ml de bicarbonato 8,4% por cada 10 ml de lidocaína o mepivacaína y 0,1 ml de bicarbonato en 10 ml de bupivacaína (35). Sin embargo, los resultados clínicos son controvertidos, ya que el anestésico local básico, dada su inestabilidad, precipita en soluciones alcalinizadas (pH superior a 7), por lo que dichos preparados no son idóneos para su uso clínico (38).

La segunda estrategia es la carbonatación. La adición de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) facilita la difusión del anestésico local a través de las membranas nerviosas produciendo un inicio más rápido del bloqueo de conducción y una disminución de la cantidad mínima de anestésico local (CIM). Se piensa que la difusión del  $\text{CO}_2$  en el medio celular a través de la membrana celular disminuiría el pH intracelular aumentando la forma activa del anestésico local, porción del anestésico local que se une al receptor del canal de  $\text{Na}^+$ . Sin embargo, existen controversias entre los resultados obtenidos *in vivo* e *in vitro* (40). No se puede afirmar que la carbonatación de los anestésicos locales proporcione alguna ventaja sobre la latencia del bloqueo a pesar de que puede haber un aumento en la profundidad de la anestesia.

## La temperatura de la solución anestésica

Una estrategia que se puede llevar a cabo para reducir el tiempo de latencia del anestésico local consiste en el calentamiento de la solución anestésica. Los cambios de temperatura influyen en el  $pK_a$  del fármaco. Un aumento de la temperatura del anestésico local a 37°C provoca un aumento de la cantidad de fármaco no ionizado (35), disminuyendo la latencia y mejorando la calidad del bloqueo. Los resultados de los estudios realizados son inciertos. En algunos de los estudios el calentamiento reduciría el dolor a la inyección de los anestésicos locales, mientras que en otros no se han encontrado efectos positivos. Parece que sí existe un efecto sinérgico entre el calentamiento y la alcalinización del anestésico local, sin ser eficaces cuando ambas técnicas se utilizan por separado (40).

## El embarazo

Durante el proceso de gestación existe una sensibilidad aumentada de las fibras nerviosas a los AL. Entre los factores que juegan un papel importante en esta situación clínica, se encuentra el aumento de la progesterona en sangre, cambios bioquímicos que pueden alterar la respuesta de las fibras nerviosas a la solución anestésica y una menor densidad del LCR (40).

## Taquifilaxia o desensibilización

Los anestésicos locales, al igual que la mayoría de fármacos, inducen sus efectos mediante la unión con un receptor específico para el compuesto, lo que induce a su vez un cambio en la función celular. Los receptores son componentes celulares dinámicos, en la mayoría de las ocasiones proteínas unidas con la membrana, que se adaptan al ambiente. La exposición prolongada de un receptor a su agonista, como puede ocurrir con la perfusión continua de un AL, puede causar una desensibilización y, como consecuencia, las dosis subsiguientes del fármaco tienen efectos máximos menores.

La situació clínica de taquifilaxia es mucho más probable que se desarrolle si se permite que la función del anestésico local se recupere antes de realizar una reinyección (p.ej., si el paciente se queja de dolor). La duración, la intensidad y la distribución de la anestesia con la reinyección disminuyen de forma notable (38). Dicha desensibilización puede contrarrestarse con la adición de vasoconstrictores y con la utilización de AL de larga duración. Entre los factores que pueden desencadenar dicha desensibilización al fármaco se encuentran la presencia de edema, hemorragia localizada, formación de coágulos, trasudado, hipernatremia y disminución del pH tisular (38). Los cuatro primeros factores aíslan el nervio del contacto con el anestésico local. El quinto, la hipernatremia, eleva el gradiente de sodio, lo que contrarresta el descenso de la conducción del sodio provocado por el anestésico local. El descenso del pH tisular se debe a la primera inyección del anestésico local ácido. Cuando el pH ambiental de la zona está disminuido, un menor número de moléculas anestésicas se transforma en la base libre (RN) durante la reinyección.

**Tabla 6** Factores no farmacológicos que influyen en la acción de los anestésicos locales (Elaboración propia)

Factor	Acción afectada	Descripción
Dosificación	Potencia y duración acción	Mayor dosificación del anestésico local = mayor gradiente de concentración = mayor difusión a través de la membrana.
Adición de vasoconstrictor	Duración acción	La presencia de un VC reduce el flujo sanguíneo local y disminuye la velocidad de absorción vascular enlenteciendo el aclaramiento del AL.
PH del medio	Comienzo acción	La presencia de un pH ácido = aumento de la fracción no ionizada del fármaco (forma no activa del AL) = retraso en de su difusión a través de la membrana.
Temperatura de la solución anestésica	Comienzo acción	Un aumento de la tª del AL a 37 °C provoca un aumento de la cantidad de fármaco no ionizado, disminuyendo el tiempo de latencia.
Embarazo	Potencia anestésica	Aumento de la sensibilidad de las fibras nerviosas a los AL por un aumento de progesterona en sangre y una menor densidad de LCR.
Taquifilaxia	Duración y potencia anestésica	El aumento de la tolerancia a un fármaco que se administra repetidamente = disminución de la duración, intensidad y distribución de la solución anestésica.

### **1.6.7. Farmacocinética de los anestésicos locales**

La farmacocinética de los anestésicos locales hace referencia al proceso de absorción, distribución, metabolismo y excreción de estos fármacos.

#### **Absorción**

Después del depósito del anestésico local lo más próximo posible del nervio, la solución anestésica difunde en todas direcciones según los gradientes de concentración vigentes. Una porción del anestésico local administrado difunde hacia el nervio y hacia su interior. Sin embargo, una porción significativa del fármaco también difunde alejándose del nervio de modo que, parte del fármaco es absorbido por tejidos no nerviosos (p.ej., músculo y tejido adiposo), parte se diluye en el líquido intersticial y parte es eliminado por los capilares y los linfáticos desde el lugar de inyección.

La absorción del anestésico local y su incorporación a la circulación general desde el lugar de su administración, es el principal determinante de las concentraciones sanguíneas. Los principales factores que determinan la cantidad y la velocidad de absorción sistémica del anestésico local son (35,40):

#### El lugar de administración:

El lugar de administración o sitio de inyección del AL es fundamental para determinar el grado de absorción del mismo, quedando determinado por el grado de vascularización de la zona y por la presencia de tejidos sanos a los que el anestésico local pueda fijarse, como el adiposo.

Los niveles plasmáticos mayores tras una única dosis se obtienen en orden decreciente a nivel interpleural, intercostal, caudal, paracervical, epidural, braquial, subcutáneo y subaracnoideo.

#### La concentración y dosis:

La concentración plasmática del AL es dependiente de la dosis y existe una relación lineal entre la cantidad de sustancia administrada y los niveles sanguíneos del fármaco. A igualdad de volumen, cuanto mayor sea la masa (mg) administrada, mayores niveles plasmáticos se alcanzarán. Si se mantiene la masa y disminuye el

volumen (mayor concentración), aumentarán los niveles plasmáticos por saturación de los receptores y habrá una mayor biodisponibilidad para que el anestésico local sea reabsorbido.

#### Las propiedades fisicoquímicas y vasoactivas del anestésico local:

Los fármacos muy vasodilatadores están estrechamente relacionados con un aumento de la velocidad de absorción sistémica. Los AL que se fijan a tejidos en un alto grado se absorben con más lentitud.

#### La velocidad de inyección:

Una administración rápida del AL produce un pico plasmático más alto que cuando se inyecta lentamente.

#### La adición de vasoconstrictores:

La adición de adrenalina a la solución anestésica disminuye la absorción vascular del AL debido a sus propiedades vasoconstrictoras. La intensidad del efecto vasoconstrictor dependerá tanto de la vascularización del sitio donde se ha administrado el AL, como del poder vasodilatador intrínseco de la solución anestésica empleada.

Hay que tener en cuenta que las concentraciones del anestésico local en el sitio de acción son elevadas ya que estos fármacos se administran de forma local. Concentraciones excesivas podrían tener una acción neurotóxica directa existiendo una estrecha relación entre las concentraciones sanguíneas de anestésico local y la aparición de posibles efectos sistémicos no deseados.

### **Distribución**

La distribución de los anestésicos locales depende principalmente de la unión a los componentes de la sangre, concretamente a la proteína sérica  $\alpha$ -1-glicoproteína ácida (AGA) (35,36).

La AGA es la principal proteína sérica implicada en la unión de las amidas. Su concentración aumenta en caso de síndrome inflamatorio y, especialmente, dentro de las 6 horas siguientes a una intervención quirúrgica o a un traumatismo. Además, todos

los estados inflamatorios, incluido el cáncer, están acompañados por una modificación estructural de la proteína con aumento de afinidad por moléculas como los anestésicos locales (36).

Cuando la fijación del anestésico local a la AGA se satura, hay dos sistemas de amortiguación que continúan fijando los anestésicos locales: los eritrocitos y la albúmina. En ambos casos, las moléculas de AL se fijan a estos elementos de la sangre de manera inespecífica y con una afinidad muy inferior a la que tienen para la AGA (36).

### **Metabolismo**

El metabolismo de los anestésicos locales está determinado por sus propiedades físicoquímicas, concretamente por el tipo de unión de la cadena hidrocarbonada a la amina terciaria que es la que permite clasificar a los anestésicos locales en dos grupos: aminoésteres o aminoamidas.

Los AL tipo éster se degradan mediante hidrólisis por la enzima colinesterasa plasmática, originándose como resultado metabolitos inactivos que son rápidamente eliminados por vía renal. Su metabolización, mucho más rápida que la de los anestésicos locales tipo amida, determina tanto un bajo riesgo de toxicidad como una duración breve del efecto del AL. No obstante, el metabolito paraaminobenzoico (PABA), resultado de su metabolización, se ha relacionado con reacciones de tipo alérgico.

El metabolismo de los anestésicos locales tipo amida se lleva a cabo mediante degradación enzimática en el hígado a cargo de las enzimas del citocromo P450. La velocidad del metabolismo depende del agente específico, siendo ésta siempre más lenta que la hidrólisis de los ésteres. La disminución de la función hepática o del flujo sanguíneo hepático reduce la velocidad de metabolización y predispone a desencadenar un cuadro de toxicidad sistémica.

## Excreción

La excreción de los AL se lleva a cabo en el riñón. Entre el 1-5% se excreta sin modificarse, incrementándose hasta un 10% forzando diuresis (40). La acidificación de la orina promueve la ionización de los anestésicos locales filtrados, disminuyendo su reabsorción y, por lo tanto, aumentando su excreción.

### 1.6.8. Dosis máxima de los anestésicos locales

La utilidad de los anestésicos locales en la práctica clínica es indiscutible, pero hay un delicado equilibrio entre administrar una dosis suficiente para obtener el efecto deseado y evitar sus complicaciones. Los anestésicos locales son fármacos extraordinariamente seguros cuando se emplean de forma recomendada. Sin embargo, cuando se usa cualquier fármaco, incluidos los anestésicos locales, existe la posibilidad de aparición de efectos indeseables.

El hecho de realizar una buena técnica anestésica, conocer la farmacocinética de estos fármacos y, sobre todo, respetar la dosis máxima de anestésicos locales en mg/kg, hace que la probabilidad de reacciones indeseables sea baja.

Las dosis de los anestésicos locales se describen en miligramos por unidad de peso corporal, es decir, en miligramos por kilo (mg/kg). Estas cifras son valores estimados puesto que existe una gran variabilidad de respuesta de un paciente a otro a las concentraciones plasmáticas de un anestésico local.

La administración de una dosis máxima basada en el peso corporal produce una concentración plasmática del anestésico local justo por debajo del umbral habitual para una reacción tóxica (45). En este caso, si aparece una reacción de sobredosis, la respuesta observada es leve (temblor de brazos y piernas, somnolencia). A fin de aumentar la seguridad clínica de todos los pacientes durante la administración de un anestésico local, se debería minimizar siempre la dosis del fármaco y utilizar la dosis más baja eficaz desde el punto de vista clínico.

Las dosis máximas recomendadas (DMR) de los anestésicos locales de uso en el ámbito podológico se recogen en la tabla 7. Las dosis máximas de anestésicos locales estipuladas hasta ahora no han sido realmente evaluadas y son aproximaciones.

**Tabla 7** Dosis Máximas de los principales anestésicos locales utilizados en cirugía podológica (Elaboración propia).

Fármaco	Sin adrenalina mg/kg	DMR (Dosis Máxima Recomendada en mg)
Mepivacaína	4 <sup>a</sup> -5 <sup>b</sup>	300 <sup>a,c</sup> , 400 <sup>b,d</sup>
Lidocaína	3 <sup>a,b</sup>	200 <sup>a</sup> , 240 <sup>b</sup> , 300 <sup>c,d</sup>
Ropivacaína	2,3 <sup>b</sup>	185 <sup>b</sup> , 225 <sup>c,d</sup>
Bupivacaína	2 <sup>b</sup>	150 <sup>b</sup> , 175 <sup>c,d</sup>

<sup>a</sup>Trepal MJ, Jules KT: Anestésicos locales en cirugía podológica, Rev Int Cienc Podol 2007; 1(1):49-74.

<sup>b</sup>Nieto S: Anestesia del pie. Bloqueos tronculares y locorreregionales. En Cirugía Mínimamente Invasiva del pie, Barcelona, 2017, Editorial Glosa, S.L.

<sup>c</sup>Miller RD. Anesthesia. 5th ed. 2000. En Errando CL, Freijo JJ, Vila M, Tardón L. Toxicidad de los anestésicos locales. Prevención y tratamiento. Revista Española de Anestesiología y Reanimación 2013;60:65-72.

<sup>d</sup>Cousins MJ, Bridenbaugh PO; 3rd ed. 1998. En Errando CL, Freijo JJ, Vila M, Tardón L. Toxicidad de los anestésicos locales. Prevención y tratamiento. Revista Española de Anestesiología y Reanimación 2013;60:65-72.

La probabilidad de alcanzar las dosis máximas es muy baja en la mayoría de los pacientes. Sin embargo, dos grupos de pacientes representan un riesgo mayor en potencia si se superan las concentraciones plasmáticas normales: los niños pequeños de poco peso y los ancianos debilitados (45). En estos casos se debe reducir la dosis calculada del fármaco, aunque no existe ninguna fórmula que determine el grado de reducción necesario.

Existen además una serie de circunstancias clínicas que pueden inducir toxicidad con dosis menores que las consideradas tóxicas. Una circunstancia que puede contribuir a ello es cuando existe una alteración en la metabolización hepática de los anestésicos locales secundaria a una enfermedad del hígado o a una disfunción de la vascularización de este órgano (hepatitis, cirrosis, insuficiencia cardíaca congestiva).

Otra causa que puede favorecer la aparición de efectos tóxicos con menos dosis es el uso concomitante de algunos fármacos que disminuyen el flujo hepático (betabloqueantes, procainamida) o bien que inhiban el citocromo P450 (amiodarona, eritromicina, cimetidina) (35).

Cuando se supera la DMR, no hay garantías de que se producirá una sobredosis, sino sólo de que existe una mayor probabilidad de que eso suceda. De hecho, en algunas personas puede aparecer una sobredosis con dosis inferiores a la DMR calculada (hiperrespondedoras) (45). Otro factor que puede determinar la presencia de una sobredosis es el tiempo en que se tarda en administrar la dosis de anestésico local. Si se administra en un período breve, la concentración plasmática resultante será mayor.

Otro aspecto importante a la hora de determinar la dosis máxima del anestésico local es el hecho de que los efectos tóxicos de los anestésicos locales son aditivos entre sí, de modo que no resulta eficaz cambiar de anestésico local cuando alcanzamos dosis peligrosas, con el fin de reducir este riesgo (23). Por este motivo, cuando se administran dos anestésicos locales en un mismo paciente para llevar a cabo un bloqueo anestésico, no se puede administrar la dosis máxima permitida de cada uno de ellos. Se debe asegurar que la dosis total de ambos anestésicos locales no supere la menor de las dosis máximas de los mismos (45).

La elección del anestésico local más adecuado en función de sus propiedades farmacológicas, de las características del paciente y del tipo de intervención quirúrgica a la que éste vaya a ser sometido, es otro factor clave para minimizar la presencia de complicaciones sistémicas que se pueden derivar del uso de anestésicos locales (tabla 8).

**Tabla 8** Criterios de selecció del anestésico local. (Reproducido de Seiz Martínez AL. Farmacología de los anestésicos locales. Bloqueos locorreionales en la región faciocervical. In: García, Miguel Burgueño García Elena Gómez, eds. Atlas de colgajos locales en la reconstrucción de cabeza y cuello. Madrid: Elsevier España; 2007. p. 31-53).

Fármaco	Comienzo de acción <sup>1</sup>	Duración <sup>2</sup>	Toxicidad relativa <sup>3</sup>	Observaciones
<b>Ésteres</b>				<i>Riesgo de alergia moderado</i>
Procaína	Lento	Breve	Baja	En desuso clínico. La utilización repetida aumenta el potencial alérgico.
Cloroprocaína	Rápido	Breve	Baja	Muy bajo riesgo de toxicidad sistémica. No disponible en España.
Tetracaína	Lento	Prolongada	Alta	Limitada a anestesia intradural o tópica.
<b>Amidas</b>				<i>Riesgo de alergia muy bajo</i>
Lidocaína	Rápido	Intermedia	Intermedia	Amplio rango de indicaciones
Medivacaína	Rápido	Intermedia	Intermedia	Amplio rango de indicaciones
Articaína	Rápido	Breve	Intermedia	Uso limitado a infiltración
Prilocaína	Rápido	Intermedia	Baja	Metahemoglobinemia si la dosis es superior a 600 mg.
Ropivacaína	Lento	Prolongada	Intermedia	Alternativa menos tóxica que la bupivacaína
Etidocaína	Rápido	Prolongada	Alta	Produce bloqueo motor prolongado
Bupivacaína	Lento	Prolongada	Muy alta	Posibilidad de toxicidad cardiovascular grave
Levobupivacaína	Lento	Prolongada	Alta	Alternativa menos arritmógena que la bupivacaína

<sup>1</sup>Comienzo de acción lento: > 20 minutos; intermedio: 10-15 minutos; rápido: 5-10 minutos.

<sup>2</sup>Duración breve: < 60 minutos; intermedia: 120-180 minutos; prolongada: > 180 minutos.

<sup>3</sup>Toxicidad baja: umbral de toxicidad para el SNC, concentración > 6 µm/ml de fármaco total en sangre; intermedia: umbral de toxicidad para el SNC, concentración = 2-6 µm/ml de fármaco total en sangre; alta: umbral de toxicidad para el SNC, concentración < 2 µm/ml de fármaco total en sangre.

(Modificado de: Covino BG. Clinical pharmacology of local anesthetics agents. En: Cousins MJ, Bridenbaugh PO, eds. Neural Blockade in Clinical Anesthesia and Management of Pain. Philadelphia: J.B. Lippincott; 1998:111-144).

### **1.6.9. Complicaciones sistémicas de los anestésicos locales**

#### **Toxicidad sistémica de los anestésicos locales**

La toxicidad sistémica de los anestésicos locales depende directamente de los valores plasmáticos que se alcanzan del fármaco en sus órganos diana. La presencia de valores plasmáticos elevados se relaciona más con la absorción a partir del lugar de inyección que con la dosis administrada (46). Las manifestaciones clínicas son progresivas, observables a medida que ascienden los niveles plasmáticos del anestésico local. A más rápido este ascenso, más rápida la progresión de los síntomas/signos. A mayor ascenso, mayor gravedad del cuadro clínico.

La causa del ascenso de las concentraciones plasmáticas puede atender a diferentes razones (46):

- La toxicidad se debe a dosis única y ocurriría tras inyección extravascular y la toxicidad depende de la concentración plasmática, del lapso de tiempo necesario para su absorción (velocidad de absorción), que a su vez depende del flujo sanguíneo local, y del tejido adiposo del lugar de inyección (absorción del anestésico local desde su sitio de inyección).
- La toxicidad se debe a la inyección i.v. directa de forma accidental: la concentración plasmática máxima depende de la dosis y la velocidad (duración) de la inyección y del débito cardíaco. Esta sería la forma más frecuente de toxicidad en la práctica. En estas circunstancias, la aparición del primer signo de toxicidad suele ocurrir de promedio en 52,5 s.
- La tercera posibilidad es la toxicidad debida a dosis múltiple, por acumulación por bolos repetidos o perfusión, con lo que aumenta la semivida de eliminación.

La toxicidad sistémica de todos los anestésicos locales afecta, principalmente, al sistema nervioso central y al aparato cardiovascular, órganos diana de los anestésicos locales. La dosis y los valores sanguíneos que pueden provocar toxicidad en el sistema nervioso central son menores que los requeridos para que se presenten

signos y síntomas de toxicidad cardiovascular, aunque estos últimos son más graves y más difíciles de tratar. Las manifestaciones clínicas de toxicidad sistémica por anestésico local persistirán hasta que los valores plasmáticos del anestésico en los órganos afectados desciendan mediante redistribución por debajo del valor mínimo, o hasta que se administre el tratamiento farmacológico apropiado.

### Toxicidad en el sistema nervioso central

El SNC es muy sensible a los efectos de los anestésicos locales. Estos fármacos cruzan la barrera hematoencefálica y a medida que aumenta la concentración sanguínea cerebral de un anestésico local se pueden desencadenar síntomas y signos clínicos de toxicidad. Estas manifestaciones aparecen de manera progresiva, y su intensidad depende de la elevación gradual de las concentraciones sanguíneas, consecuencia de la absorción del anestésico. En primer lugar, el paciente puede quejarse de somnolencia, vértigos, aturdimiento, trastornos visuales, sabor metálico, parestesias linguales y peribucales, náuseas y desorientación. Si progresa el cuadro de toxicidad, puede presentarse agitación, mioclonías en la cara y los músculos distales de las extremidades y, finalmente, puede producirse una crisis convulsiva tonicoclónica generalizada (35,41). Si continúan aumentando las concentraciones sanguíneas, a la crisis convulsiva le sucede una depresión generalizada del sistema nervioso central. Son manifestaciones de esto la depresión y la parada respiratoria (apnea). Los signos y síntomas de toxicidad sobre el SNC aparecen con un valor sanguíneo cerebral mayor de 4,5  $\mu\text{m}/\text{ml}$  de lidocaína o mepivacaína (47). En los casos de inyección intravascular accidental, se presenta una crisis convulsiva como manifestación principal. Asimismo, la fase depresora puede aparecer sin fase excitatoria previa en pacientes que se encuentren sometidos a sedación (42).

### Toxicidad cardiovascular

El SCV es considerablemente menos sensible a la acción de los anestésicos locales. Las respuestas adversas sobre el SCV no suelen producirse hasta mucho tiempo después de que hayan aparecido efectos en el SNC. La toxicidad cardiovascular de los anestésicos locales depende de sus efectos sobre la contractilidad miocárdica,

sobre el sistema de conducción cardíaco y sobre la musculatura lisa del sistema vascular periférico (42). Los anestésicos locales, a excepción de la cocaína, también deprimen la contractibilidad miocárdica y producen dilatación arteriolar directa, que llevan a la hipotensión sistémica. El colapso cardiovascular es raro, pero se ha comunicado después de la administración de grandes dosis de bupivacaína y ropivacaína en forma inadvertida en el espacio intravascular (41).

Valores aumentados de anestésico local (5-10  $\mu\text{m/ml}$ ) conllevan depresiones electrocardiográficas menores, depresión miocárdica, descenso del gasto cardíaco y vasodilatación periférica. Por encima de 10  $\mu\text{m/ml}$  puede desencadenarse una vasodilatación periférica masiva, reducción notable de la contractilidad miocárdica, bradicardia grave y posible parada cardíaca (47).

### **Abordaje del cuadro clínico de toxicidad sistémica**

La mayor parte de las sobredosis por anestésicos locales son autolimitadas, puesto que la concentración sanguínea en los órganos diana continúa disminuyendo a medida que progresa la reacción y tiene lugar la redistribución y la biotransformación. No es frecuente que se requieran otros agentes más que el oxígeno para interrumpir una sobredosis por anestésicos locales (47). La aplicación oportuna de un protocolo terapéutico básico de urgencia (P→A→B→C→D) (fig 13), resolverá una sobredosis por anestésicos locales en cuestión de minutos. El tratamiento de un cuadro clínico de toxicidad sistémica está basado en la gravedad de la reacción. Por lo general, la reacción es leve y transitoria, por lo que requiere poco o ningún tratamiento específico, aparte del tratamiento sintomático. Sin embargo, otras veces puede ser más grave y prolongada, en cuyo caso está justificado un tratamiento más intensivo.

### *Tratamiento urgente básico*

#### P...POSICIÓN

- Inconsciente...supino, con los pies ligeramente elevados.
- Consciente...basada en una posición cómoda para el paciente.

#### A...VÍA RESPIRATORIA (Airway)

- Inconsciente...valoración y mantenimiento de la vía respiratoria.
- Consciente...valoración de la vía respiratoria.

#### B...RESPIRACIÓN (Breathing)

- Inconsciente...valoración y ventilación si fuera necesaria.
- Consciente...valoración de la respiración.

#### C...CIRCULACIÓN

- Inconsciente...valoración y compresión cardíaca externa si fuera necesaria.
- Consciente...valoración de la circulación.

#### D...CUIDADO DEFINITIVO

- Diagnóstico:
- Tratamiento: fármacos y/o asistencia urgente (servicios médicos de urgencias)

**Fig. 13** Protocolo terapéutico básico de urgencia. (En Malamed S.F: *Manual de Anestesia Local*, 2.<sup>a</sup> ed., Barcelona, 2013, Elsevier).

### Tratamiento para una reacción por toxicidad leve

Los síntomas y signos de una reacción por toxicidad leve son conservación del nivel de conciencia, verborrea y agitación, además de un incremento en la frecuencia cardíaca, la presión arterial y la frecuencia respiratoria, que por lo general aparecen de forma lenta a los 5-10 minutos de haber completado la administración del anestésico. Las posibles causas de este tipo de reacción son una absorción inusualmente rápida y una dosis total demasiado grande. El tratamiento a seguir es el algoritmo P→A→B→C→D empleado en el tratamiento de todas las urgencias médicas. Se debe colocar al paciente consciente en una posición confortable. A, B y C se asumen como adecuadas, el paciente está consciente y hablando. El tratamiento definitivo (D) debe conllevar:

1. Transmitir al paciente que todo está en orden y bajo control.
2. Administrar oxígeno mediante mascarilla nasal para prevenir la acidosis, situación en la que se encuentra disminuido el umbral epileptógeno.

3. Monitorizar y registrar las constantes vitales.
4. Permitir que el paciente se recupere durante el tiempo que sea necesario. El tratamiento podológico puede continuarse o no tras una evaluación del estado físico y emocional del paciente.

#### Tratamiento para una reacción por toxicidad grave

Entre los síntomas y los signos de una reacción por toxicidad grave se incluye la pérdida de consciencia, con o sin convulsiones. Las causas posibles de las reacciones graves de inicio lento son: 1) una dosis total demasiado grande, 2) absorción rápida, 3) biotransformación anómala y 4) disfunción renal. El tratamiento a realizar en este caso también sigue el algoritmo  $P \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$ . Se debe colocar al paciente inconsciente en decúbito supino con los pies ligeramente elevados. Deben realizarse las técnicas de soporte vital básico (SVB) que sean necesarias. Como en el protocolo precedente, tiene una importancia primordial para una evolución favorable la prevención de la acidosis y la hipoxia a través del tratamiento de la vía respiratoria y de la ventilación pulmonar adecuada ( $P \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C$ ). El tratamiento definitivo (D) consistirá en:

1. Administrar un antiepiléptico. Si los síntomas son leves al comienzo, pero progresan en gravedad, está indicado un tratamiento definitivo con antiepilépticos y continuar con la administración de oxígeno. Puede considerarse el midazolam i.m. cuando la vía i.v. no está disponible.
2. Avisar a los servicios médicos de urgencia inmediatamente si se producen crisis.
3. El control poscrítico consiste en SVB y la administración de un vasopresor por vía i.m. o i.v. para la hipotensión, si fuera necesario. Se recomienda la administración de líquidos i.v. para el tratamiento de la hipotensión.
4. Permitir que el paciente se recupere durante el tiempo que sea necesario antes de ser derivado al hospital.

## Reacción alérgica a los anestésicos locales

La alergia es un estado de hipersensibilidad adquirido a través de la exposición a un alérgeno concreto, cuya reexposición a la misma provoca una capacidad aumentada de reacción debido a una respuesta exagerada del sistema inmunológico del paciente.

Las reacciones alérgicas abarcan un amplio espectro de manifestaciones clínicas, que van desde respuestas leves y diferidas que se producen hasta 48 horas después de la exposición al alérgeno, hasta reacciones inmediatas y potencialmente mortales.

Las respuestas alérgicas a los anestésicos locales comprenden dermatitis, broncoespasmo (crisis asmática) y anafilaxia sistémica. Las reacciones que se observan con mayor frecuencia son las dermatológicas localizadas, concretamente la urticaria y el angioedema. La reacción alérgica más peligrosa y aguda que compromete la supervivencia es la anafilaxia generalizada. Es capaz de provocar la muerte clínica en pocos minutos secundaria a la obstrucción de la vía respiratoria superior producida por un edema laríngeo (47). Sin embargo, es poco probable que esta reacción se observe alguna vez tras la administración de anestésicos locales tipo amida. De hecho, los anestésicos locales de tipo amida están prácticamente exentos de este riesgo. Algunos casos comunicados de alergia a estos fármacos pueden ser consecuencia de reacciones tóxicas mal diagnosticadas o de hipersensibilidad a diversos excipientes, como el metilparabeno o el metabisulfito sódico (35). No obstante, se han comunicado algunos casos excepcionales de alergia a amidas como la lidocaína o la bupivacaína (36). En la práctica clínica, la alergia atañe a los ésteres con un núcleo paraaminobenzoico como son la procaína, la cloroprocaína y la tetracaína, de ahí que su uso en la práctica clínica habitual sea escaso o nulo. La alergia a un anestésico local de tipo amida no impide el uso de otras amidas porque no se produce una reactividad cruzada. Sin embargo, si existen antecedentes de alergia cruzada a los anestésicos locales tipo éster (47).

El tiempo transcurrido entre la exposición de un paciente al antígeno y el desarrollo de síntomas clínicos es importante. Cuanto más rápido se desarrollen los síntomas y signos tras la exposición antigénica, más intensa será la reacción. El tratamiento básico a seguir sigue el habitual algoritmo P→A→B→C→D utilizado en el control de urgencias médicas.

#### Tratamiento para las reacciones alérgicas cutáneas

En el caso de reacciones alérgicas cutáneas, el tratamiento definitivo a administrar son antihistamínicos, concretamente 50 mg de difenhidramina (25 mg si <30kg) o 10 mg de clorfeniramina (5 mg si <30 kg) por vía oral, en el caso de lesiones cutáneas diferidas, y por vía parenteral (i.m. o i.v.) en el caso de reacciones cutáneas inmediatas.

#### Tratamiento para un cuadro clínico de broncoespasmo

Si el paciente cursa con un cuadro de broncoespasmo, se debe administrar oxígeno mediante mascarilla facial, administrar epinefrina i.m. en el vasto externo (0,3 mg si >30 kg; 0,15 mg si <30 kg), activar el servicio médico de urgencias y tras la recuperación, administrar un antihistamínico para reducir al mínimo el riesgo de recidiva (50 mg i.m. de difenhidramina [25 mg si <30kg] o 10 mg de clorfeniramina [5 mg si <30 k]).

#### Tratamiento para una anafilaxia generalizada

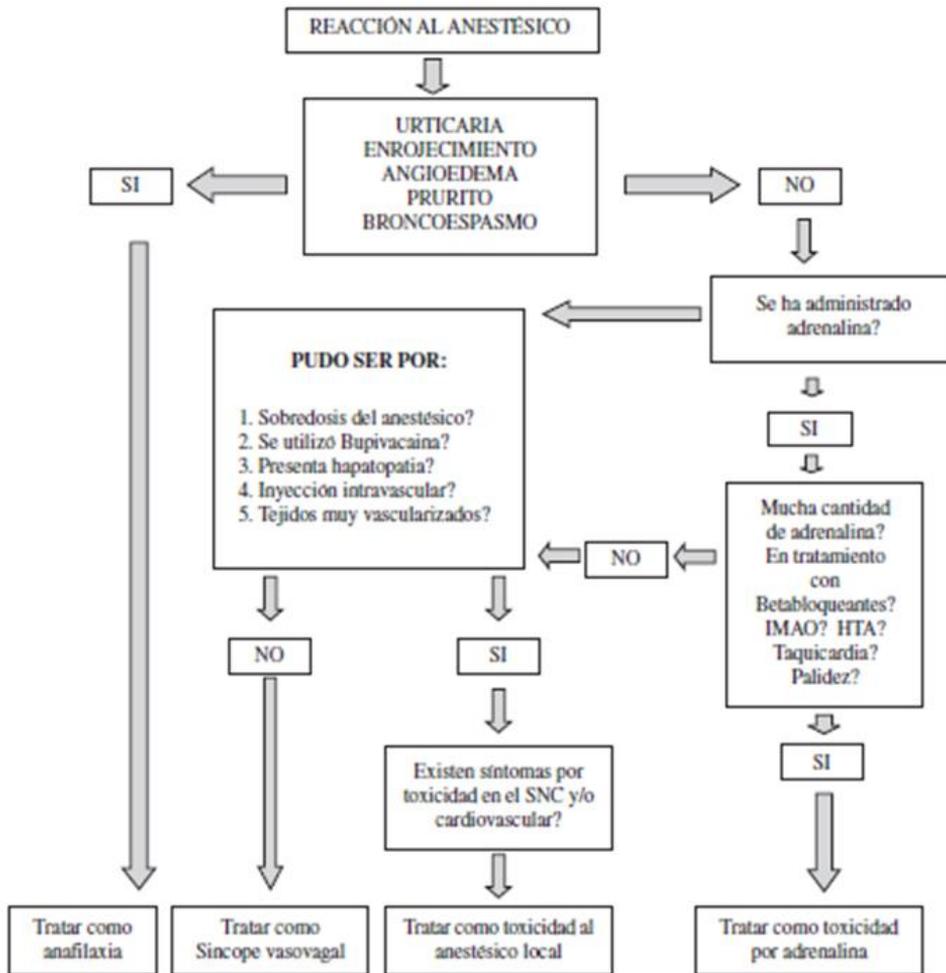
En el caso de una anafilaxia generalizada, el tratamiento es administrar la epinefrina por vía i.m. cada 5-10 minutos en primer lugar, un soporte vital básico, administración de oxígeno y monitorización continua de las constantes vitales. Hasta que no se observe mejoría del estado del paciente no está indicado administrar un antihistamínico y un corticoide (ambos fármacos por vía i.m. o i.v.) con el fin de prevenir una recurrencia de los síntomas (47).

## **Reacción psicógena. Reacción vasovagal**

La reacción vasovagal es la complicación más frecuente que aparece durante la realización de diversas técnicas quirúrgicas bajo anestesia local y, aunque no es propiamente un efecto del anestésico local, puede dar lugar a confusiones que sí son resultado de la administración de estos fármacos.

Esta reacción se produce principalmente por el miedo y la ansiedad del paciente respecto a la anestesia o al acto quirúrgico, o por el dolor producido por la infiltración del anestésico. Una buena preparación psicológica previa a la intervención y la adopción de una actitud relajada con el paciente durante la misma son las mejores estrategias para prevenir o aminorar este cuadro.

La reacción vasovagal puede suceder antes, durante o después del acto anestésico, y sus manifestaciones clínicas son las siguientes: sensación de mareo, palidez, sudor frío, náuseas, vómitos, dolor abdominal, taquipnea, hipotensión y taquicardia. Más rara vez aparecen bradicardia, pérdida de la conciencia o movimientos clónicos breves que simulan convulsiones (35). El tratamiento consiste en medidas posturales, estimular al paciente, tranquilizarle y favorecer la ventilación, estando contraindicada la administración de cualquier sustancia por vía oral. A continuación, se recoge el algoritmo de actuación ante la sospecha de un accidente anestésico (fig. 14).



**Fig. 14** Algoritmo de actuación ante la sospecha de un accidente anestésico. (Reproducido de Trepal MJ, Jules KT: Anestésicos locales en cirugía podológica, Rev Int Cienc Podol 2007; 1(1):49-74).



## 2. JUSTIFICACIÓN, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS



## **2.1. JUSTIFICACIÓN**

El bloqueo de tobillo es la técnica anestésica por excelencia para llevar a cabo un abordaje quirúrgico del pie que implique la necesidad de ausencia de sensibilidad dolorosa en una región amplia del mismo: antepié, mediopié y/o retropié. Es una técnica segura asociada a una alta tasa de éxito y a un bajo riesgo de complicaciones, siendo muy bien aceptada tanto por los cirujanos como por los pacientes (20,25).

La accesibilidad de los troncos nerviosos en la región anatómica del tobillo, permite realizar una técnica regional de bloqueo troncular conservando la función motora de la musculatura extrínseca del pie. El número de nervios periféricos que deben ser bloqueados depende de la localización y de la extensión de la cirugía a practicar. La opción anestésica más indicada, es la que se basa en bloquear sólo los nervios que inervan la zona del campo quirúrgico a intervenir (bloqueo de tobillo selectivo). Sin embargo, la utilización de un sistema de isquemia a la altura del tobillo puede ser mejor tolerado mediante la realización de un bloqueo de tobillo completo (13,32,48).

En contraposición a estas ventajas, la anestesia regional se caracteriza por presentar una mayor complejidad técnica al requerir una adecuada identificación de los troncos nerviosos para su bloqueo selectivo (23). La eficacia del bloqueo anestésico no depende únicamente de las características farmacológicas del anestésico local, sino también de la proximidad de la solución anestésica empleada al tronco nervioso, sin llegar a lesionarlo.

De los cinco troncos nerviosos que inervan el pie, el nervio tibial es el que presenta mayor dificultad para su bloqueo anestésico. Esta dificultad intrínseca del bloqueo selectivo del nervio tibial, está íntimamente relacionada con la localización del tronco nervioso en un plano más profundo, asociada a las características morfológicas del pie. La dificultad de su bloqueo se incrementa considerablemente en el caso de pies edematosos, deformados o con presencia de alteraciones, en los que la identificación de las estructuras anatómicas de referencia resulta en ocasiones muy difícil.

A estos dos factores se les debe sumar el hecho de que el nervio tibial se ramifica distalmente en el nervio calcáneo, el nervio plantar interno y el nervio plantar externo. Estas ramas terminales inervan la zona plantar del calcáneo, la cara plantar interna y la cara plantar externa del pie, respectivamente, y proporcionan información sensorial de dichas áreas. Son varios los estudios que han descrito la anatomía del nervio tibial con el fin de determinar el patrón de bifurcación del nervio y la localización anatómica de sus ramas terminales en la región del tobillo (16,49-53). La mayoría de ellos coinciden al afirmar que el nervio tibial se bifurca, en un gran número de casos, a nivel del túnel tarsiano (15,49,51,53), variando muy poco entre especímenes el punto de bifurcación del nervio tibial en nervio plantar interno y en nervio plantar externo (15). No ocurre lo mismo con la rama calcánea. Hay resultados muy dispares en cuanto a su punto anatómico de bifurcación y al número de ramas terminales (14,15,17,54). Todos estos factores explican la existencia de una tasa de bloqueos de tobillo incompletos mucho más elevada que la obtenida con otras técnicas anestésicas, como es la anestesia general, los bloqueos centrales o la anestesia intravenosa (23).

El interés especial por alcanzar un bloqueo efectivo del nervio tibial se debe a que el territorio que inerva este nervio se ve comprometido tanto en el caso de cirugías de partes blandas localizadas en la zona plantar del pie, como en las cirugías osteoarticulares que se llevan a cabo en antepié, mediopié y/o retropié. De hecho, el éxito de un bloqueo de tobillo depende casi siempre de la consecución de un bloqueo anestésico satisfactorio del nervio tibial. Es más, en la mayoría de los casos en los que se obtiene un bloqueo de tobillo incompleto, la presencia de sensibilidad se localiza en el área suplida por este nervio (19). Un bloqueo anestésico de calidad del nervio tibial debe garantizar un tiempo de latencia reducido, una extensión y duración adecuada del efecto anestésico, una buena aceptación por parte del paciente y, en definitiva, una alta tasa de éxito.

Los avances tecnológicos acontecidos durante los últimos años, han permitido desarrollar diferentes herramientas de exploración que facilitan la localización de los nervios periféricos, siendo actualmente la ultrasonografía la técnica de imagen por excelencia para este fin. En el ámbito podológico, la ecografía es una técnica que cada vez se utiliza más para el diagnóstico de lesiones de partes blandas. Sin embargo, los bloqueos anestésicos ecoguiados aún no forman parte de la práctica anestésica de la mayoría de podólogos/as especialistas en cirugía del pie.

Desde que Labat describiera por primera vez en 1967 el bloqueo de tobillo, se han descrito diferentes técnicas anestésicas basadas en referencias anatómicas para el bloqueo del nervio tibial. La mayoría de ellas, describen un bloqueo del nervio tibial a nivel de la altura del tobillo y están sujetas a ligeras variaciones respecto a la posición del paciente, los puntos anatómicos de referencia utilizados y el volumen anestésico administrado.

Sin embargo, el bloqueo efectivo del nervio tibial resulta en ocasiones difícil de alcanzar. Estudios previos remarcan que el bloqueo del nervio tibial produce una analgesia inadecuada en el 30% de los casos (27), y que el 11% de los bloqueos de tobillo requieren de un refuerzo anestésico por anestesia incompleta del nervio tibial (32).

Estas tasas de bloqueos fallidos para el nervio tibial pueden responder no sólo a la dificultad intrínseca que presenta, por sus características anatómicas, el bloqueo selectivo del nervio tibial; sino también, a la imprecisión de los puntos anatómicos de referencia descritos para su bloqueo, o a la imprecisión del punto exacto de punción y de la orientación y profundidad a la que se debe introducir la aguja, aspectos que dificultan sobremanera la reproducibilidad de las técnicas anestésicas descritas hasta el momento. A ello se le suma el hecho de que la mayoría de estas técnicas toman como elemento anatómico de referencia para localizar el punto diana de punción, el pulso de la arteria tibial posterior (22,24-26) y éste, en ocasiones, no es palpable o fácilmente identificable.

Es por ello que es necesario intentar describir una técnica anestésica para el bloqueo del nervio tibial que se base en referencias anatómicas fáciles de identificar y que no impliquen la localización del pulso arterial. Que permita una correcta localización del nervio tibial, que facilite el bloqueo de todas sus ramas terminales y que minimice la tasa de bloqueos fallidos del nervio tibial mediante técnica convencional.

## **2.2. HIPÓTESIS DEL ESTUDIO:**

La hipótesis a partir de la cual se ha elaborado el presente estudio es que el bloqueo del nervio tibial a nivel supramaleolar, puede conllevar una tasa mayor de bloqueos efectivos en tanto en cuanto puede haber menor probabilidad de que el nervio tibial se haya bifurcado en sus ramas terminales.

## **2.3. OBJETIVOS**

### **2.3.1. Objetivo general:**

El objetivo principal del estudio es describir una técnica anestésica para el bloqueo del nervio tibial a nivel retromaleolar, y una técnica anestésica para el bloqueo del nervio tibial a nivel supramaleolar. Para, finalmente, evaluar y comparar la eficacia anestésica de las técnicas descritas.

### **2.3.2. Objetivos específicos:**

Como objetivos específicos se proponen:

1. Describir anatómicamente, la **altura** donde el nervio tibial se bifurca en sus tres ramas terminales (nervio calcáneo, nervio plantar medial y nervio plantar lateral).
2. Describir anatómica y ecográfica, **la posición del nervio tibial, y su relación con la arteria tibial posterior**, tanto a nivel retromaleolar como a nivel supramaleolar.
3. Determinar si el **sexo, peso, altura e IMC** del sujeto de estudio condicionan la posición del nervio y su relación con la arteria tibial posterior.

4. Determinar las **coordenadas diana de punción** para llevar a cabo el bloqueo del nervio tibial a nivel retromaleolar y a nivel supramaleolar.
5. Determinar el **tiempo de latencia, la extensión** (C1, C2, C3) y **la duración** del bloqueo sensitivo del nervio tibial, tanto con la técnica retromaleolar como con la técnica supramaleolar descritas.
6. Conocer el **grado de dolor** del sujeto durante el proceso anestésico a nivel retromaleolar y supramaleolar.
7. Determinar la **tasa de éxito del bloqueo anestésico** del nervio tibial mediante técnica retromaleolar y técnica supramaleolar.



# 3. METODOLGÍA



### 3.1. DISEÑO DEL ESTUDIO

Se ha realizado un estudio epidemiológico, analítico y prospectivo de corte transversal que se ha llevado a cabo en dos fases: una primera fase observacional, y una segunda fase experimental.

La **fase observacional** ha comprendido un **estudio anatómico** del nervio tibial sobre cadáveres frescos no formalizados; y un **estudio ecográfico** del nervio tibial en sujetos voluntarios.

La **fase experimental**, ha consistido en un **ensayo clínico** aleatorizado a doble ciego que se ha llevado a cabo en sujetos a los que se les ha realizado un bloqueo anestésico del nervio tibial, con el objetivo de poder evaluar la eficacia *in vivo* de las dos técnicas anestésicas descritas a partir de los resultados obtenidos durante la fase observacional.

### 3.2. SELECCIÓN DE LA MUESTRA

El tamaño muestral se ha calculado con la calculadora GRANMO (imim.cat). En el caso del **estudio ecográfico** del nervio tibial, se ha considerado necesaria una muestra aleatoria de 97 individuos para estimar, con una confianza del 95% y una precisión de +/- 0.1 unidades, la media poblacional de unos valores que se han previsto que tengan una desviación estándar de alrededor de 0.5 unidades. El % de reposiciones necesarias se ha previsto que fuera del 0%.

Para el cálculo del tamaño de la muestra necesario para llevar a cabo el **ensayo clínico**, se ha tenido en cuenta, en primer lugar, que el objetivo principal del estudio era evaluar y comparar la eficacia de las dos técnicas anestésicas descritas en el presente estudio. En segundo lugar, se asumió, tal y como describen Chin et al (55) en una publicación reciente, una tasa de éxito del bloqueo de tobillo mediante técnica convencional, del 66% en la población de referencia. En nuestro estudio, se esperó alcanzar una tasa de éxito del 66% para la técnica retromaleolar, y una tasa de éxito del 90% para la técnica supramaleolar. En base a ello, se estimó necesario un tamaño muestral de 44 sujetos en el primer grupo y 44 sujetos en el segundo, aceptando un

riesgo alfa de 0.05 y un riesgo beta de 0.2 en un contraste bilateral. Se estimó una tasa de pérdidas de seguimiento del 0%.

A continuación, se describe la selección de la muestra y el tamaño muestral final para las dos fases del estudio, la fase observacional (estudio anatómico sobre cadáver y estudio ecográfico del nervio tibial) y la fase experimental (ensayo clínico).

### **3.2.1. Selección de la muestra para el desarrollo de la fase observacional.**

#### *Estudio anatómico del nervio tibial sobre cadáver*

El estudio anatómico del nervio tibial se ha realizado en un total de 20 piezas anatómicas de pie y tobillo del departamento de Anatomía y Embriología de la Universitat de València. Todos los especímenes diseccionados, fueron piezas anatómicas frescas no formalizadas. Se seleccionaron aquellos especímenes que no presentaban ninguna lesión o alteración dérmica en la cara interna del pie y tobillo, y que permitieron una incisión cutánea de  $14 \pm$  cm de extensión desde la cara medial de la tibia hasta el maléolo medial. Los procedimientos de disección se realizaron en la sala de disección del departamento de Anatomía de la Universitat de València entre Noviembre de 2016 y Mayo de 2017.

#### *Estudio ecográfico del nervio tibial en sujetos voluntarios*

La población del estudio ha estado conformada por el personal laboral y asistencial de la Clínica Podológica de la Universitat de València (CPU), y por los usuarios de la misma que quisieran participar voluntariamente en el estudio, durante el periodo de tiempo comprendido entre Noviembre de 2016 y Mayo de 2017. El estudio se realizó en la sala polivalente de la CPU.

La muestra final quedó constituida por un total de 100 sujetos para cada una de las dos localizaciones del nervio tibial analizadas, la localización retromaleolar y la localización supramaleolar.

Para la selección de los sujetos de la muestra se definieron los siguientes criterios de inclusión: sujetos de ambos sexos, de edad comprendida entre los 18 y 75 años y estado físico I y II según la clasificación ASA. Los criterios de exclusión que se

aplicaron fueron los siguientes: sujetos con enfermedades neurológicas o neuromusculares, sujetos que presentasen un edema de tobillo que imposibilitara localizar los puntos anatómicos de referencia para llevar a cabo la exploración ecográfica y, finalmente, aquellos sujetos en los que no se identificaba con certeza la estructura ecográfica correspondiente al tronco del nervio tibial.

### **3.2.2. Selección de la muestra para el desarrollo de la fase experimental.**

La población del estudio ha estado conformada por el personal laboral y asistencial de la Clínica Podológica de la Universitat de València, y por todos los pacientes de 18 a 75 años de edad que fueron atendidos en las instalaciones de la CPU durante el periodo de tiempo comprendido entre Junio de 2017 y Enero de 2018.

La muestra final del estudio quedó constituida por un total de 110 sujetos, 64 participantes sanos de ambos sexos; y 46 pacientes de ambos sexos que requirieron de un bloqueo anestésico del nervio tibial para poder ser sometidos a un proceso quirúrgico del pie. Todos los sujetos participaron de manera voluntaria en el estudio. Éste se llevó a cabo en las instalaciones quirúrgicas de la CPU.

Para la selección de los sujetos de la muestra se definieron los siguientes criterios de inclusión:

- Sujetos de ambos sexos, con edad comprendida entre los 18 y 75 años, y con un estado físico I o II según la clasificación ASA.
- Sujetos en los que se pudo verificar el territorio anestesiado.
- Sujetos que permitieron llevar a cabo la maniobra anestésica.

Los criterios de exclusión que se aplicaron fueron los siguientes:

- Sujetos con pulsos periféricos no palpables.
- Sujetos que presentasen un edema de tobillo que imposibilitara localizar los puntos anatómicos de referencia para llevar a cabo el bloqueo anestésico del nervio tibial.
- Sujetos que presentasen trastornos de coagulación.
- Sujetos que presentasen infección en los puntos diana de punción.
- Sujetos con antecedentes alérgicos a los anestésicos locales tipo amida.
- Sujetos que se encontraran en estado gestacional o en periodo de lactancia.

- Sujetos con enfermedades neurológicas o neuromusculares.
- Sujetos en tratamiento analgésico crónico con derivados opiáceos.
- Sujetos con compromiso cognitivo o una condición psiquiátrica activa.

### **3.3. CONSIDERACIONES ÉTICAS**

Las bases y condiciones del estudio han sido autorizadas por el Comité de Ética en Investigación en Humanos de la Comisión de Ética en Investigación Experimental de la Universitat de València con número de procedimiento H1477566491165, siguiendo las recomendaciones de la Declaración de Helsinki para investigaciones médicas que involucran humanos (Anexo 1).

Los procedimientos del estudio (exploración a realizar, material utilizado y datos a registrar) fueron expuestos claramente a todos los participantes. En el caso del estudio ecográfico del nervio tibial, los participantes fueron informados previamente a la realización de la exploración ecográfica. En el caso de los sujetos a los que se les realizó un bloqueo anestésico del nervio tibial, éstos fueron informados durante la visita preanestésica, 48 horas antes de la fecha programada para la realización del bloqueo anestésico. A cada participante se le solicitó el consentimiento informado oportuno (Anexo 2, 3 y 4) para la participación voluntaria en el estudio.

### **3.4. CALIBRACIÓN PREVIA DEL ESTUDIO**

Los datos del estudio fueron recogidos por un podólogo calibrado que llevaba a cabo los procedimientos exploratorios, y un anotador que registraba los datos en las fichas de exploración para facilitar la recogida de información y eliminar posibles errores. La calibración del podólogo explorador se realizó tanto para el proceso de disección del nervio tibial, como para el proceso de localización ecográfica del nervio tibial. Si bien no se pudo llevar a cabo una calibración para el procedimiento de evaluación *in vivo* de la eficacia del bloqueo anestésico, se procedió a descartar los 10 primeros bloqueos realizados con cada una de las dos técnicas, independientemente del resultado anestésico obtenido.

La calibración se realizó actuando como Gold Estándar, un podólogo con experiencia en estos procedimientos exploratorios. En una sesión inicial con el profesional considerado Gold Estándar, se consensuó el formulario de anotación de los datos (Anexos 5, 6 y 7). Se realizó un estudio piloto previo para corregir o aclarar errores surgidos.

#### Calibración realizada para el estudio anatómico del nervio tibial sobre cadáver

La calibración se realizó a lo largo de los 20 procedimientos de disección sobre cadáver en tanto en cuanto las mediciones de las diferentes variables de distancia se llevaron a cabo en todos los casos por dos observadores. Se calculó la correlación intraclase de las mediciones realizadas para evaluar la fiabilidad de los resultados obtenidos, tal y como se puede observar en el apartado de resultados.

#### Calibración realizada para el estudio ecográfico del nervio tibial

Se realizó, previo al inicio del estudio, una sesión de calibración sobre 15 participantes que acudieron a la CPU. Cada observador identificó por separado la estructura correspondiente al nervio tibial en un corte transversal de la cara medial del tobillo. A continuación, cada uno analizó sobre la imagen ecográfica, un total de cuatro variables: distancia desde el punto óseo de referencia hasta el centro del nervio tibial, profundidad del nervio tibial, perímetro del nervio tibial y tipo de relación anatómica entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior. Se calculó el coeficiente de correlación intraclase para las tres primeras variables, y el valor Kappa ponderado lineal para la última. Se obtuvo un coeficiente de correlación intraclase para las variables distancia desde el punto óseo de referencia hasta el centro del nervio tibial, y profundidad del nervio tibial, de 0.956 (IC-95% 0.891-0.982) y 0.981 (IC-95% 0.952-0.993), respectivamente. La variable perímetro del nervio tibial obtuvo un coeficiente de correlación intraclase de 0.547 (IC-95% 0.142-0.793). La concordancia diagnóstica para el tipo de relación anatómica entre las estructuras neurovasculares entre el explorador y el Gold Estándar fue del 100%, con un Kappa de 1, indicando una concordancia muy buena según la escala de Landis y Koch.

### 3.5. MATERIAL UTILIZADO

A continuación, se detalla el material utilizado para llevar a cabo el presente estudio, especificando en primer lugar el material común empleado en las dos fases del estudio, para después detallar el material específico utilizado en cada una de ellas. El material necesario para las exploraciones fue facilitado por la CPU:

#### 3.5.1. Material común a las dos fases del estudio

##### Material

- Guantes de látex no estériles talla XS y L (Sanyc®).
- Gasas estériles de algodón 16 hilos (Gaspunt®).
- Paño estéril 75 cm x 100 cm (Cover line, Cardiva®).
- Cinta métrica de 150 cm. Para la medición del perímetro maleolar.
- Marcador quirúrgico (Blayco®). Para la medición de distancias, y para la localización y señalización de los puntos anatómicos de referencia.
- Goniómetro de plástico transparente. Para la colocación de la articulación de tobillo a 90° respecto a la tibia.
- Regla convencional de 15 cm para la traslación de los puntos óseos de referencia hasta el borde posterior del tendón de Aquiles.

##### Material electrónico

La recogida y el análisis de los datos del estudio se realizó mediante un ordenador personal MacBook Air y una impresora Epson XP 322. Los programas informáticos utilizados para la confección del estudio y procesamiento de los datos obtenidos fueron los siguientes:

- Procesador de textos Word (Office para Mac 2011, v.14.1.3; Microsoft Corporation, Redmont, WA, USA).
- Programa Excel (Office para Mac 2011, v.14.1.3; Microsoft Corporation, Redmont, WA, USA).
- Programa SPSS Statistics 22.0 ® (IBM SPSS, Chicago, IL, USA).
- Programa de gestor de citas bibliográficas Refworks ProQuest (Versión 4.4.1410 para Mac, Michigan, USA).

El registro gráfico de los diferentes procedimientos de exploración se realizó con una cámara digital Sony® Cyber-shot DSC-W210.

### **3.5.2. Material específico utilizado para el desarrollo de la fase observacional.**

#### Estudio anatómico del nervio tibial sobre cadáver

##### **Material**

- Hoja de bisturí estéril y de acero inoxidable nº 20 (Swann-Morton®). Para la disección de la piel y tejido celular subcutáneo.
- Hoja de bisturí estéril y de acero inoxidable nº15 (Swann-Morton®). Para la disección del paquete vasculonervioso.
- Mango de bisturí nº 3 y 4 (Swann-Morton®).
- Pinza de disección recta sin dientes de 13 cm (Aesculap®).
- Pinza de disección 1x2 dientes de 13 cm (Aesculap®).
- Tijeras de disección larga 14 cm. Recta 1 punta fina y 1 punta roma (Aesculap®).
- Porta Agujas de Mayo (Aesculap®).
- Aguja 21G x 1, 1'2" 0'80 x 40 mm. Lab. Braun (Sterican ®). Para la localización de los puntos anatómicos de referencia.
- Material de sutura absorbible ácido poliglicólico violeta trenzado recubierto (PGA) SSA 90. 3/0 USP 2EP. 70 cms. TC-15. ½ Cir. 23 mm. Lab. Lorca Marín S.A. Para el marcaje de los puntos anatómicos de referencia.

##### **Material electrónico**

La medición de las variables analizadas en esta fase del estudio se ha llevado a cabo mediante un calibrador digital de 0-150 mm, con una precisión de 0.1 mm. Los resultados obtenidos se han registrado en una ficha de exploración (Anexo 5).

## Estudio ecográfico del nervio tibial

### **Material**

- Material común utilizado en las tres fases del estudio y alcohol sanitario 96°, 1000 ml (Aposan®). Para la asepsia de la piel.
- Gel conductor de ultrasonidos de densidad media. Lab. Avances Plásticos, S.A. (Electrotrazo®).

### **Material electrónico**

Se ha utilizado una sonda de transductor de matriz lineal de alta frecuencia (4-12 MHz) Vinno5® para llevar a cabo el estudio ecográfico del nervio tibial. Las variables analizadas se han recogido en una ficha de exploración (Anexo 6).

### **3.5.3. Material específico utilizado para el desarrollo de la fase experimental.**

#### **Productos químicos**

Los productos químicos utilizados para llevar a cabo la fase experimental del estudio fueron:

- Alcohol sanitario 96°, 1000 ml. Aposan®. Para la asepsia de la piel previa punción.
- Povidona iodada (solución dérmica). Lab. Meda Pharma (Betadine ®). Para la asepsia de la piel previa punción.
- Cloretilo chemirosa (ERN®). Para la insensibilización de la piel del sujeto previa punción.
- Mepivacaína hidrocloreuro 20 mg/ml (3 ml). Lab. Inibsa (Scandinibsa ®). Para la realización del bloqueo anestésico.

## Material

- Material común utilizado en las tres fases del estudio
- Aguja 21G x 1 1/2", 0'80 x 40 mm. Lab. Braun (Sterican ®). Aguja de carga y aguja para test *pin prick*.
- Aguja 23G x 1", 0'60 x 25 mm. BL/LB. Lab. Braun (Sterican ®). Aguja para infiltrar piel.
- Jeringa de 5 ml. Lab. Braun (Sterican ®)
- Gasas estériles de algodón 16 hilos (Gaspunt®).
- Guantes de látex estériles talla 6 (Sempermed® classic).

## Material electrónico

El material electrónico utilizado para la recogida y el análisis de datos ha sido un cronómetro Stop Watch XL-010 (Any Time®). Las variables analizadas en esta fase del estudio se han recogido en una ficha de exploración (Anexo 7).

### **3.6. OBJETIVOS Y PROCEDIMIENTOS REALIZADOS DURANTE LAS EXPLORACIONES**

A continuación, se describen los objetivos y procedimientos realizados durante las distintas exploraciones que se llevaron a cabo. El punto óseo de referencia a partir del cual se realizó el estudio anatómico del nervio tibial y se describió la técnica anestésica retromaleolar, fue el punto más prominente del maléolo medial. Para el estudio anatómico del nervio tibial y la descripción de la técnica a nivel supramaleolar, se eligió el borde medial de la cortical tibial a 4 cm proximal respecto al borde inferior del maléolo medial. Todos los procedimientos de exploración se llevaron a cabo con el espécimen y el pie derecho del sujeto a 90° respecto a la tibia, con el fin de poder comparar los resultados obtenidos en cada fase del estudio.

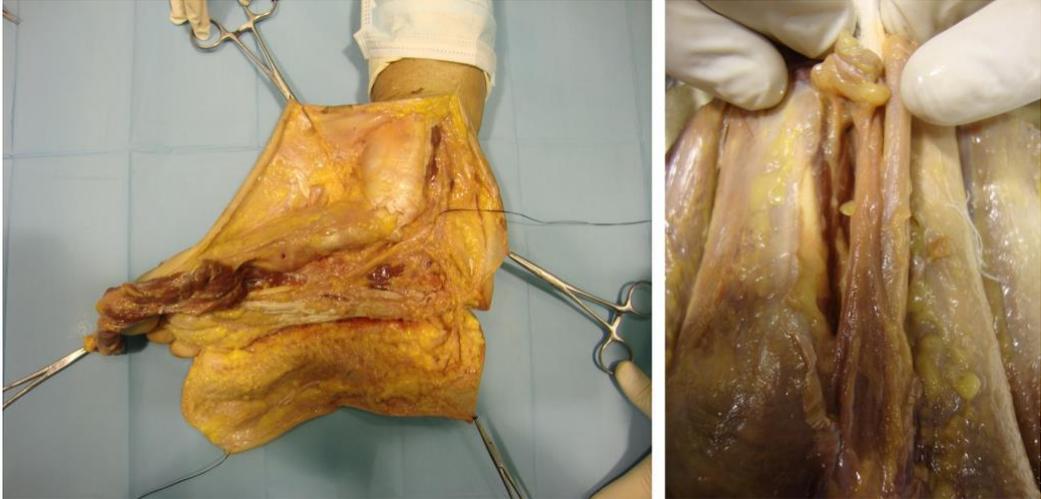
### 3.6.1. FASE I. Fase observacional. Estudio descriptivo del nervio tibial

#### FASE Ia. Estudio anatómico del nervio tibial sobre cadáver

El objetivo de esta primera fase del estudio consistió en describir las características anatómicas del nervio tibial a nivel retromaleolar y supramaleolar con una triple finalidad:

1. Determinar la distancia entre los dos puntos óseos de referencia y el centro del nervio tibial.
2. Determinar el número y punto de origen de las ramas terminales del nervio tibial, es decir, en qué punto anatómico de su recorrido, el tronco del nervio tibial se bifurca en sus ramas más distales: el nervio calcáneo, el nervio plantar interno y el nervio plantar externo.
3. Analizar la posición del nervio tibial dentro del paquete vasculonervioso y su relación con la arteria tibial posterior.

Cada uno de los especímenes utilizados fue identificado y fotografiado para registrar los datos correspondientes a cada procedimiento experimental. Se realizó una incisión cutánea retromaleolar en el aspecto medial del pie, desde  $14\pm$  cm proximal al borde inferior del maléolo medial hasta alcanzar el inicio de la piel volar. Se prolongó la incisión ligeramente oblicua hacia el borde posterior e inferior del calcáneo y se realizó una segunda incisión paralela al plano plantar del pie, desde el inicio de la piel volar hasta alcanzar la cara medial de la primera articulación metatarsofalángica. Se procedió a la disección de la fascia profunda, y se expuso el paquete vasculonervioso (fig 15).

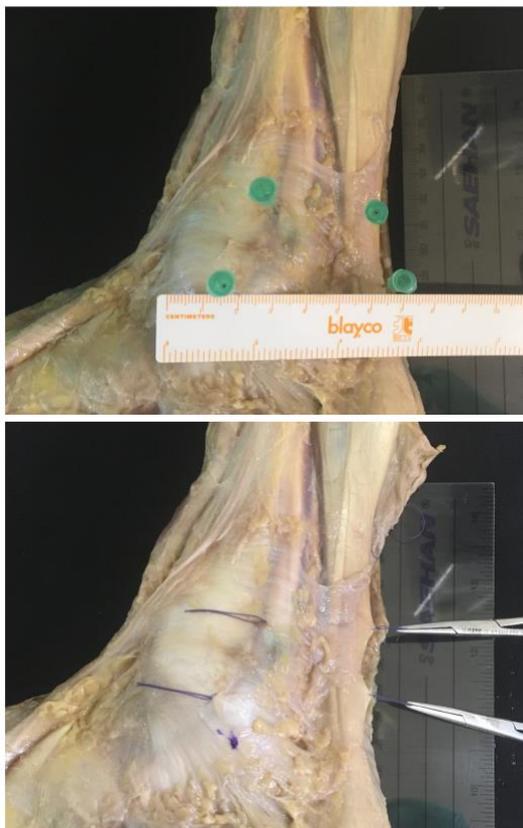


**Fig. 15** Dissección de la piel y fascia profunda de la cara medial del pie y tobillo. Exposición del paquete vasculonervioso.

Se procedió a localizar mediante palpación, 4 puntos anatómicos de referencia que se marcaron con una aguja 21G para posteriormente dejarlos señalados mediante un nudo doble con material de sutura absorbible 3/0 (fig 16):

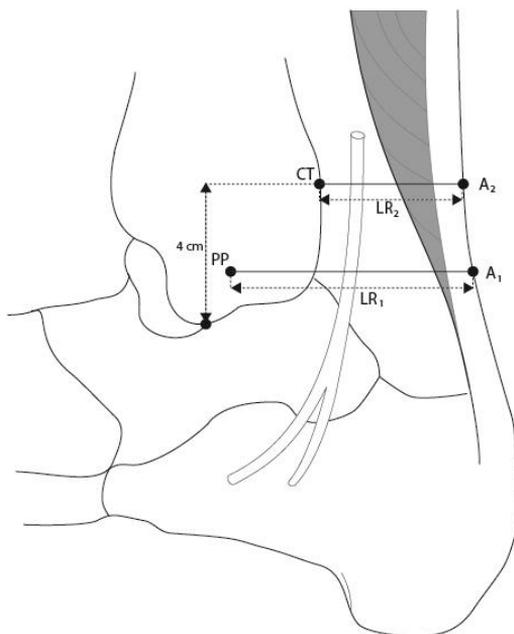
1. Punto más prominente del maléolo medial (PP).
2. Traslación en línea recta del punto PP hasta el borde posterior del tendón de Aquiles ( $A_1$ ).
3. Borde medial de la cortical tibial localizado a 4 cm proximalmente del borde inferior del maléolo medial (CT).
4. Traslación en línea recta del punto CT hasta el borde posterior del tendón de Aquiles ( $A_2$ ).

La traslación en línea recta desde el punto óseo de referencia hasta el borde posterior del tendón de Aquiles se realizó con una regla convencional que permitió confirmar el paralelismo entre las dos líneas de referencia y el borde inferior del pie con la articulación del tobillo en posición neutra.



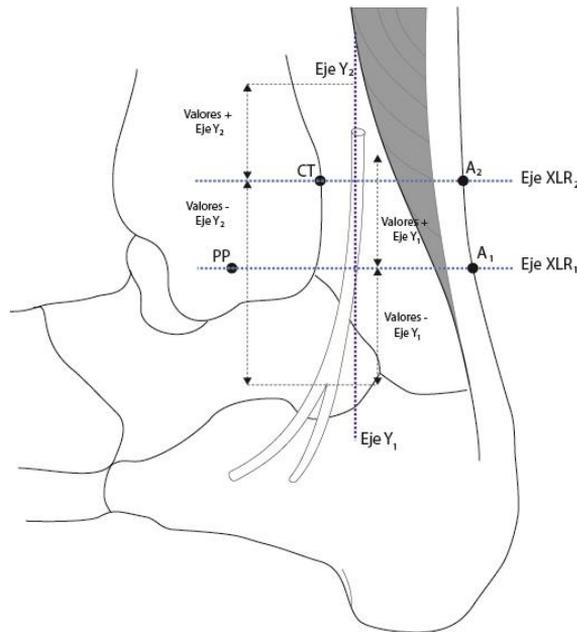
**Fig. 16** Localización de los 4 puntos anatómicos de referencia. Traslación en línea recta de los puntos óseos hasta el borde posterior del tendón de Aquiles. Señalización de los puntos anatómicos mediante material de sutura.

La señalización de estos 4 puntos anatómicos permitió establecer dos líneas imaginarias horizontales de referencia. La primera línea de referencia ( $LR_1$ ) se localizó a nivel retromaleolar y quedó configurada por los puntos PP y  $A_1$ . La segunda línea anatómica de referencia ( $LR_2$ ) se localizó a nivel supramaleolar y estuvo comprendida entre los puntos CT y  $A_2$  (fig 17).



**Fig. 17** Diagrama esquemático de los 4 puntos anatómicos y las dos líneas horizontales de referencia,  $LR_1$  y  $LR_2$  ( $PP$ =punto más prominente del maléolo medial;  $A_1$ =traslación en línea recta del punto  $PP$  hasta el borde posterior del tendón de Aquiles;  $CT$ =borde medial de la cortical tibial a 4 cm proximal del borde inferior del maléolo medial;  $A_2$ =traslación en línea recta del punto  $CT$  hasta el borde posterior del tendón de Aquiles). Fuente: elaboración propia.

Ambas líneas de referencia se consideraron el punto 0 a partir del cual se realizaron un total de 20 mediciones de distancia. Concretamente, el proceso de medición se llevó a cabo a partir de dos ejes de coordenadas, un eje X y un eje Y. El eje X quedó constituido por cada una de las líneas de referencias anatómicas; eje  $XLR_1$  (eje retromaleolar) y eje  $XLR_2$  (eje supramaleolar). El eje Y quedó representado por una línea perpendicular al eje X: eje  $Y_1$  y eje  $Y_2$  (fig. 18).

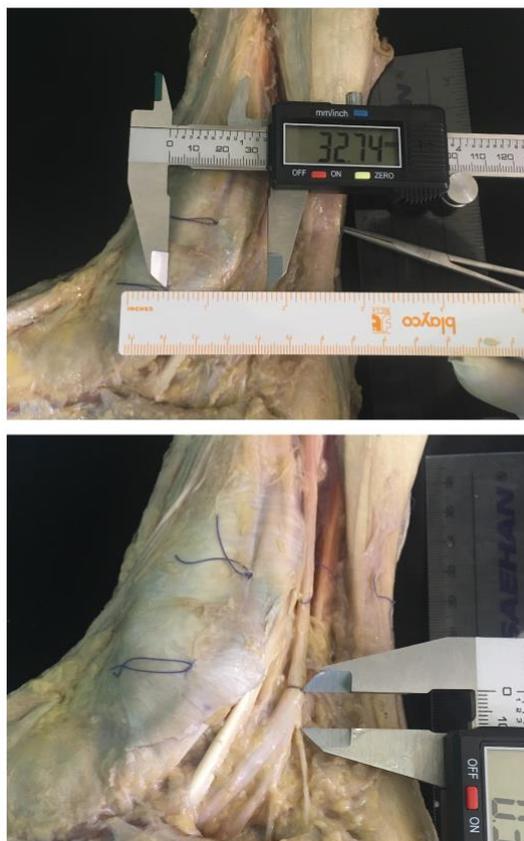


**Fig. 18** Diagrama esquemático de los ejes de medición X e Y para el estudio anatómico del nervio tibial a nivel retromaleolar (eje XLR<sub>1</sub>; eje Y<sub>1</sub>), y a nivel supramaleolar (eje XLR<sub>2</sub>; eje Y<sub>2</sub>). Sistema de valores de medición +/- asignados en función del nivel de bifurcación del NT respecto a la línea horizontal de referencia o eje X. Fuente: elaboración propia.

Las mediciones se llevaron a cabo en dos tiempos de medición:

- Primer tiempo de medición: a nivel de LR<sub>1</sub>. Se realizaron un total de 10 mediciones de distancia. Si la bifurcación del nervio tibial en sus diferentes ramas distales era proximal a la línea de referencia, se le asignó un valor positivo a la medición (+). Si la bifurcación del nervio tibial se localizaba distal a la LR<sub>1</sub>, el valor de la medición fue negativo (-).
- Segundo tiempo de medición: a nivel de LR<sub>2</sub>. Se realizaron un total de 10 mediciones de distancia. Si la bifurcación del nervio tibial en sus ramas terminales era proximal a la línea de referencia, se le asignó un valor positivo a la medición (+). Si la bifurcación del nervio tibial se localizaba distal a la LR<sub>2</sub>, el valor de la medición fue negativo (-).

Para facilitar el proceso de medición y evitar sesgos indeseados, se procedió a marcar con material de sutura absorbible 3/0, el tronco del nervio tibial y de la arteria tibial posterior a su paso por la línea de referencia LR<sub>1</sub> y LR<sub>2</sub>. Las mediciones de distancia en el eje X y en el eje Y se realizaron con un calibrador digital de 0-150 mm con una precisión de 0.1 mm (fig 19).



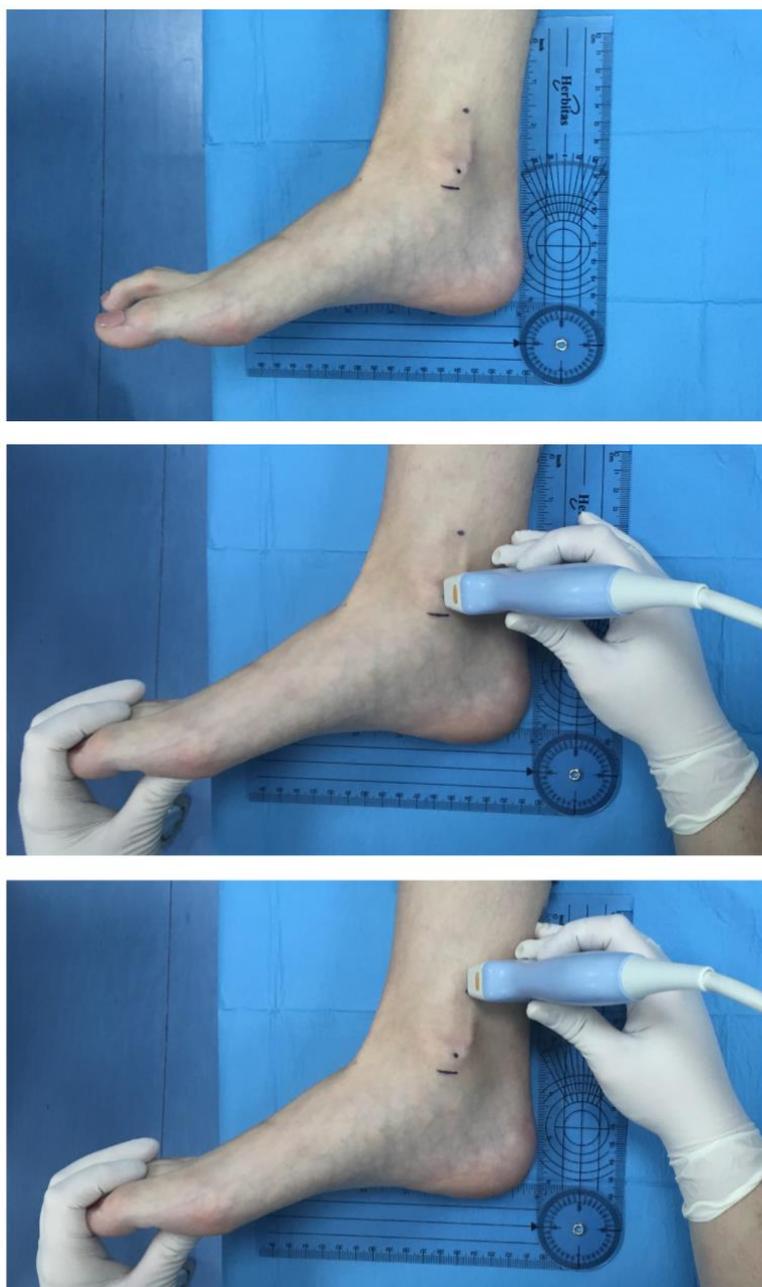
**Fig. 19** Mediciones de distancia a partir del eje XLR<sub>1</sub> y del eje Y<sub>1</sub>. Distancia desde el punto más prominente del maléolo medial hasta el centro del nervio tibial, y distancia desde la LR<sub>1</sub> hasta la bifurcación del nervio calcáneo medial.

### FASE Ib. Estudio ecográfico del nervio tibial

Los objetivos que se han intentado alcanzar en esta fase de descripción ecográfica del nervio tibial se enumeran a continuación:

1. Analizar *in vivo* la distancia del nervio tibial respecto a los puntos óseos de referencia localizados a nivel retromaleolar y supramaleolar, así como el perímetro del tronco nervioso y su profundidad respecto a la superficie cutánea.
2. Analizar *in vivo* la posición del nervio tibial respecto a la arteria tibial posterior dentro del paquete vasculonervioso.
3. Analizar si las variables sexo, peso, altura e IMC del sujeto condicionan las variables de posición del nervio tibial.
4. Establecer las coordenadas diana de punción (distancia y profundidad) para el bloqueo del nervio tibial a nivel retromaleolar y supramaleolar.

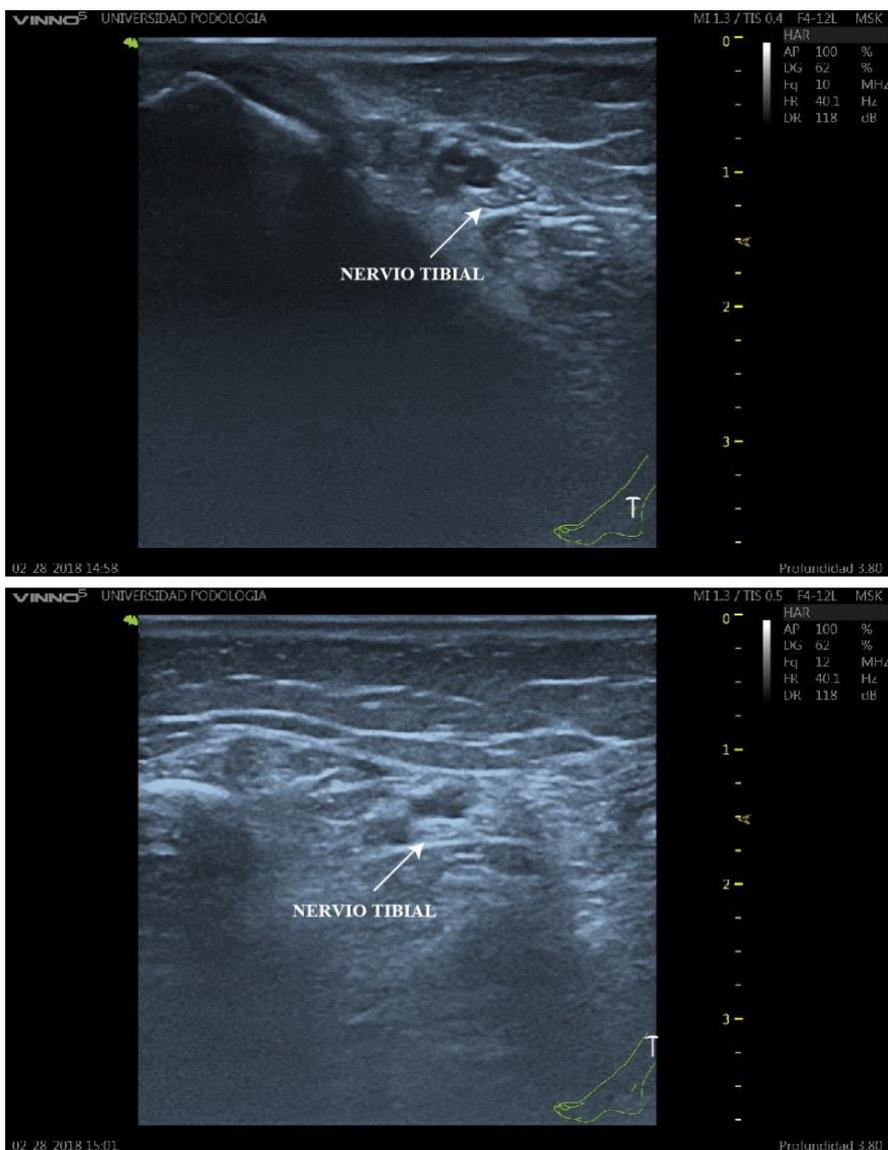
Para llevar a cabo el estudio ecográfico del nervio tibial, el sujeto se posicionó en decúbito supino sobre una camilla de exploración, con flexión de rodilla y rotación externa de cadera hasta contactar con el borde externo del pie sobre la camilla, y la articulación de tobillo en posición neutra. Se utilizó una sonda de transductor de matriz lineal de alta frecuencia (4-12 mHz) Vinno5®, que garantizó una profundidad de penetración de hasta 3 cm por debajo de la piel. En todos los casos, la sonda se posicionó transversalmente sobre el punto óseo de referencia, localizado y marcado previamente con un marcador quirúrgico. (fig 20).



**Fig. 20** Localización y señalización de los puntos óseos de referencia para el estudio retromaleolar y supramaleolar del nervio tibial. Posición de la sonda sobre el punto más prominente del maléolo medial con la articulación del tobillo en posición neutra. Posición de la sonda a 4 cm proximal del borde inferior del maléolo medial con la articulación del tobillo en posición neutra.

Con el transductor posicionado paralelo al borde inferior del pie y utilizando una frecuencia de 10 mHz para el análisis retromaleolar, y una frecuencia de 8 mHz para el estudio supramaleolar, se localizaron las siguientes estructuras ecográficas (fig. 21):

- Punto óseo de referencia. El maléolo medial se visualiza como una estructura curvilínea hiperecogénica (blanco brillante). El punto más prominente del maléolo medial corresponde al vértice superior de la cortical tibial. La cortical tibial a 4 cm proximal del borde inferior del maléolo medial, se visualiza también como una estructura curvilínea hiperecogénica, pero en este caso más aplanada. El borde medial de la cortical corresponde al extremo libre de la línea hiperecogénica.
- Arteria tibial posterior. Posterior a la cortical tibial y precediendo al tendón del músculo flexor largo de los dedos, se identifican varias estructuras redondeadas anecogénicas (oscuras) que corresponden a la arteria tibial posterior y sus venas, respectivamente.
- Nervio tibial. Estructura redondeada e hiperecogénica con círculos internos hipoecogénicos simulando un “panal de abejas”, que acompaña a los vasos sanguíneos del paquete vasculonervioso.



**Fig. 21** Imagen ecográfica del paquete vasculonervioso a nivel retromaleolar. Imagen ecográfica del paquete vasculonervioso a nivel supramaleolar..

Una vez se identificó la estructura ecográfica correspondiente al paquete vasculonervioso y se confirmó una buena visualización del perímetro del nervio tibial, se procedió a capturar la imagen ecográfica con la función *freeze* para analizar a continuación las variables de posición del nervio tibial y su relación con la arteria tibial posterior.

### 3.6.2.FASE II. Estudio experimental in vivo de la eficacia del bloqueo del nervio tibial.

El objetivo de esta fase ha sido comprobar la eficacia *in vivo* de las coordenadas diana de punción descritas para el bloqueo del nervio tibial, tanto para la técnica anestésica retromaleolar como para la técnica anestésica supramaleolar.

Para llevar a cabo los bloqueos anestésicos del nervio tibial, los sujetos de la muestra fueron distribuidos en dos grupos de estudio:

- G1: constituido por los 64 sujetos sanos.
- G2: constituido por los 46 pacientes programados para cirugía del pie.

Los sujetos de cada uno de los grupos fueron a su vez distribuidos de manera aleatoria en dos subgrupos (tabla 9). A los sujetos del **subgrupo BRM** se les realizó un bloqueo anestésico del nervio tibial a nivel retromaleolar a partir de las coordenadas diana de punción obtenidas desde el punto más prominente del maléolo medial durante el estudio ecográfico llevado a cabo en la fase I del presente estudio. A los sujetos del **subgrupo BSM**, se les practicó un bloqueo del nervio tibial a nivel supramaleolar a partir de las coordenadas diana de punción obtenidas a 4 cm proximalmente del borde inferior del maléolo medial. La aleatorización se llevó a cabo mediante una lista de números aleatorios generada por un ordenador.

**Tabla 9** Distribución de los sujetos de la muestra en diferentes grupos de estudio

Distribución de los sujetos de la muestra				
Grupo	Número de sujetos	Tipo de sujeto	Subgrupo	Número de sujetos
G1	64	Sujeto sano voluntario	G1 BRM	32
			G1 BSM	32
G2	46	Paciente clínica podológica UV	G2 BRM	23
			G2 BSM	23

Se realizó una visita preanestésica 48 horas antes de la fecha programada para la realización del bloqueo anestésico, con los siguientes objetivos:

- Realizar una anamnesis y exploración física del participante teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión.
- Informar al sujeto sobre los objetivos del estudio, la exploración a realizar, el material utilizado y los datos recolectados; y solicitar el consentimiento informado para un proceso de anestesia locorregional sin sedación.

En ningún caso se pautó medicación preanestésica. A cada sujeto del estudio se le informó acerca de la necesidad de acudir en estado de ayuno durante 6 horas para sólidos y 2 horas para líquidos, y vestir ropa cómoda para garantizar la exposición óptima de la región anatómica donde estaba programado realizar el bloqueo anestésico del nervio tibial.

El bloqueo anestésico del nervio tibial se realizó con el sujeto en la misma posición en la que se llevó a cabo el estudio ecográfico del nervio tibial. Se localizó el punto óseo de referencia para realizar la técnica anestésica y se marcó con rotulador estéril para piel el punto diana de punción siguiendo las coordenadas de distancia y profundidad obtenidas a partir del estudio ecográfico del nervio tibial. La coordenada de distancia se calculó en línea recta desde el punto óseo de referencia hacia el tendón de Aquiles, ayudándonos para ello de una regla convencional de 15 cm. El punto exacto de punción se midió con un calibrador digital de 0.1 mm de precisión (fig 22a). La profundidad a la que debía introducirse la aguja se delimitó mediante un marcador quirúrgico estéril. La angulación a la que debía introducirse la aguja vino determinada, en el caso de la técnica retromaleolar, por la altura del sujeto. En el caso de la técnica supramaleolar, todos los bloqueos se realizaron con una angulación de 90° respecto a la superficie cutánea. (fig 22bc).



**Fig. 22 a)** Cálculo de la coordenada distancia de punción a partir del punto más prominente del maléolo medial, medida con un calibrador digital **b)** Realización del bloqueo anestésico. Punto de punción y angulación de la aguja a nivel retromaleolar **c)** Realización del bloqueo anestésico. Punto de punción y angulación de la aguja a nivel supramaleolar.

Para llevar a cabo las dos técnicas anestésicas, se utilizó una aguja 23G 0.60x25 ml BL/LB Braun® y jeringa convencional de 5 ml. La cantidad de solución anestésica administrada fue de 3 ml de mepivacaína al 2% sin vasoconstrictor (Scandinibsa®), en todos los casos.

### **3.7. VARIABLES REGISTRADAS DURANTE LOS PROCEDIMIENTOS DE EXPLORACIÓN**

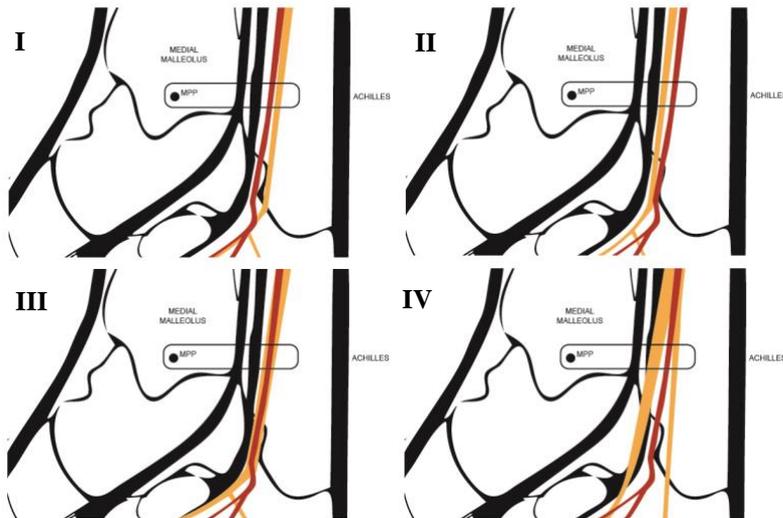
#### **3.7.1. FASE I. Fase observacional. Estudio descriptivo del nervio tibial**

##### *FASE Ia. Estudio anatómico del nervio tibial sobre cadáver*

Se anotó el sexo y la edad de cada espécimen y se midió con cinta métrica el perímetro maleolar de cada pie registrando el valor de la medición en cm.

Previamente a la disección pormenorizada del nervio tibial y de sus ramas terminales, se realizó un análisis y clasificación del tipo de relación anatómica entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior a nivel de LR<sub>1</sub> y LR<sub>2</sub>. Para ello se describieron hasta cuatro posibles tipos de relación entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior (Fig 23):

- Tipo I. El nervio tibial se localiza posterior a la arteria tibial posterior.
- Tipo II. El nervio tibial se ubica anterior a la arteria tibial posterior.
- Tipo III. El nervio tibial se ubica en una posición lateral respecto a la arteria tibial posterior.
- Tipo IV. Bifurcación del nervio tibial. Se observa más de un tronco nervioso correspondiente al nervio tibial.



**Fig. 23** Tipo de relación anatómica entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior. Tipo I: El nervio tibial se localiza posterior a la arteria tibial posterior. Tipo II: El nervio tibial se ubica anterior a la arteria tibial posterior. Tipo III: El nervio tibial se ubica en una posición lateral respecto a la arteria tibial posterior. Tipo IV: Se observa una bifurcación del nervio tibial. Fuente: elaboración propia.

Se realizaron tres mediciones a nivel del eje XLR<sub>1</sub> y el eje XLR<sub>2</sub>: distancia comprendida desde el punto óseo de referencia hasta el borde posterior del tendón de Aquiles, distancia comprendida desde el punto óseo de referencia hasta el centro del nervio tibial, y distancia comprendida desde el punto óseo de referencia hasta el centro de la arteria tibial posterior (tabla 10).

**Tabla 10** Mediciones de distancia llevadas a cabo en el Eje X a nivel retromaleolar y supramaleolar

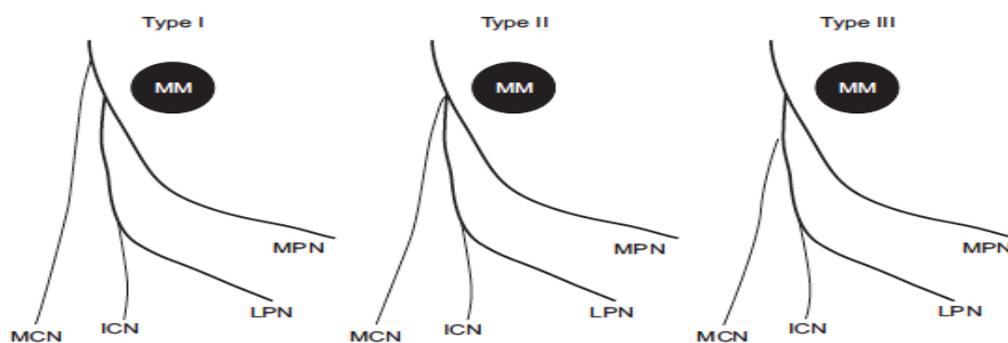
Mediciones realizadas en el Eje X		
Eje	Abreviatura medición	Definición
XLR <sub>1</sub>	PP-A <sub>1</sub>	Distancia desde el punto más prominente del maléolo medial hasta el borde posterior del tendón de Aquiles en línea recta.
	PP-NT	Distancia desde el punto más prominente del maléolo medial hasta el centro del nervio tibial.
	PP-ATP	Distancia desde el punto más prominente del maléolo medial hasta el centro de la arteria tibial posterior.
XLR <sub>2</sub>	CT-A <sub>2</sub>	Distancia desde el borde medial de la cortical tibial hasta el borde posterior del tendón de Aquiles en línea recta.
	CT-NT	Distancia desde el borde medial de la cortical tibial hasta el centro del nervio tibial.
	CT-ATP	Distancia desde el borde medial de la cortical tibial hasta el centro de la arteria tibial posterior.

Las mediciones realizadas en el eje Y después de proceder a la disección del tronco del nervio tibial y de sus ramas terminales, fueron las siguientes (tabla 11):

**Tabla 11** Mediciones de distancia llevadas a cabo en el Eje Y a nivel retromaleolar y supramaleolar.

Mediciones realizadas en el Eje Y		
Eje	Abreviatura medición	Definición
Eje Y <sub>1</sub>	LR <sub>1</sub> -NPI	Distancia perpendicular desde la línea de referencia hasta la bifurcación del nervio plantar interno.
	LR <sub>1</sub> -NPE	Distancia perpendicular desde la línea de referencia hasta la bifurcación del nervio plantar externo.
	LR <sub>1</sub> -RCM <sub>1</sub>	Distancia perpendicular desde la línea de referencia hasta la bifurcación de la primera rama calcánea medial.
	LR <sub>1</sub> -RCM <sub>2</sub>	Distancia perpendicular desde la línea de referencia hasta la bifurcación de la segunda rama calcánea medial.
	LR <sub>1</sub> -RCM <sub>3</sub>	Distancia perpendicular desde la línea de referencia hasta la bifurcación de la tercera rama calcánea medial.
	LR <sub>1</sub> -RCI <sub>1</sub>	Distancia perpendicular desde la línea de referencia hasta la bifurcación de la primera rama calcánea inferior.
	LR <sub>1</sub> -RCI <sub>2</sub>	Distancia perpendicular desde la línea de referencia hasta la bifurcación de la segunda rama calcánea inferior.
Eje Y <sub>2</sub>	LR <sub>2</sub> -NPI	Distancia perpendicular desde la línea de referencia hasta la bifurcación del nervio plantar interno.
	LR <sub>2</sub> -NPE	Distancia perpendicular desde la línea de referencia hasta la bifurcación del nervio plantar externo.
	LR <sub>2</sub> -RCM <sub>1</sub>	Distancia perpendicular desde la línea de referencia hasta la bifurcación de la primera rama calcánea medial.
	LR <sub>2</sub> -RCM <sub>2</sub>	Distancia perpendicular desde la línea de referencia hasta la bifurcación de la segunda rama calcánea medial.
	LR <sub>2</sub> -RCM <sub>3</sub>	Distancia perpendicular desde la línea de referencia hasta la bifurcación de la tercera rama calcánea medial.
	LR <sub>2</sub> -RCI <sub>1</sub>	Distancia perpendicular desde la línea de referencia hasta la bifurcación de la primera rama calcánea inferior.
	LR <sub>2</sub> -RCI <sub>2</sub>	Distancia perpendicular desde la línea de referencia hasta la bifurcación de la segunda rama calcánea inferior.

Se determinó el patrón de bifurcación del nervio tibial y se registró el origen del nervio calcáneo y su número de ramas terminales, basándonos para ello en el esquema anatómico propuesto por Kim et al (17). Estos autores identifican tres tipos de patrones de bifurcación del nervio tibial: Tipo I, el nervio calcáneo medial se origina proximal al nervio plantar interno y nervio plantar externo. Tipo II, mismo punto de bifurcación para el nervio plantar interno, el nervio plantar externo y el nervio calcáneo medial (origen múltiple). Tipo III, el punto de bifurcación del nervio calcáneo medial es distal al nervio plantar medial y al nervio plantar lateral (fig 24).



**Fig. 24** Tipos de patrón de bifurcación del nervio tibial. MCN, nervio calcáneo medial; ICN, nervio calcáneo inferior; LPN, nervio plantar lateral; MPN, nervio plantar medial. (Reproducida de Kim et al. *Branching Patterns of Medial and Inferior Calcaneal Nerves Around the Tarsal Tunnel. Annals of Rehabilitation Medicine* 2015;39(1):52-55).

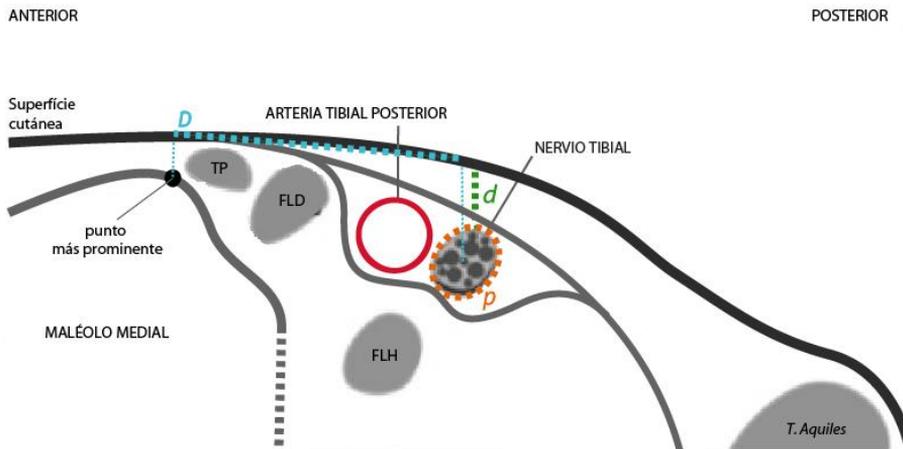
Las mediciones de las diferentes variables de distancia se llevaron a cabo, en todos los casos, por dos observadores para poder evaluar la fiabilidad de los resultados obtenidos. Todas las mediciones se realizaron con un calibrador digital y fueron registradas en milímetros (Anexo 5). Se calculó el valor medio de los valores obtenidos por cada observador para cada una de las mediciones realizadas.

### FASE Ib. Estudio ecográfico del nervio tibial

Las variables consideradas en el estudio ecográfico del nervio tibial fueron las siguientes:

- Edad, sexo, peso, altura e IMC del sujeto.
- Perímetro maleolar medido en cm.
- Perímetro del nervio tibial medido en cm.
- Distancia horizontal a nivel de la superficie cutánea, desde el punto óseo de referencia hasta el centro del nervio tibial, medida en cm.
- Distancia vertical (profundidad) desde la superficie cutánea hasta el borde superior del perímetro del nervio tibial, medida en cm.
- Tipo de relación anatómica entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior.

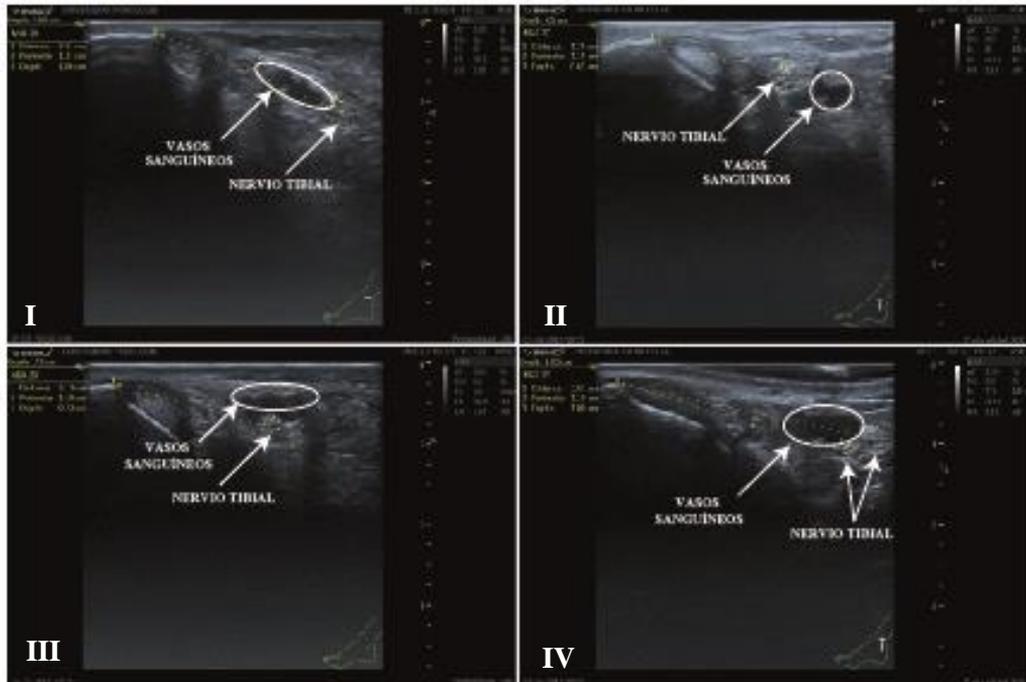
La medición del perímetro maleolar se realizó con cinta métrica desde el punto más prominente del maléolo medial hasta el punto más prominente del maléolo peroneal, a la altura de la articulación del tobillo, teniendo en cuenta el patrón de medida establecido en el campo de la antropometría del pie y tobillo. Se midió el peso y la altura del sujeto con un medidor de peso y talla previamente al inicio de la exploración ecográfica. La medición de las variables de posición y tamaño del nervio se realizaron con las funciones de medición del ecógrafo una vez capturada la imagen del paquete vasculonervioso. La medición del perímetro del nervio tibial se realizó con la función *perimeter*. La medición de la distancia horizontal a nivel de la superficie cutánea desde el punto óseo de referencia hasta el punto central del nervio tibial, se llevó a cabo con la función *measure*. La distancia vertical desde la superficie cutánea hasta el borde superior del nervio tibial se valoró con la función *depth* (fig 25).



**Fig. 25** Diagrama de la visión ecográfica del paquete vasculonervioso en un corte transversal a nivel retromaleolar. Obsérvese de derecha a izquierda: el tendón del tibial posterior (TP), el tendón del flexor largo de los dedos (FLD), la arteria tibial posterior y el nervio tibial. El tendón del flexor largo del primer dedo (FLH) se localiza en un plano más profundo. Medición de las variables de posición:  $D$ = distancia horizontal a nivel de la superficie cutánea, desde el punto óseo de referencia hasta el centro del nervio tibial;  $p$ = perímetro del nervio tibial;  $d$ = distancia vertical (profundidad) desde la superficie cutánea hasta el borde superior del perímetro del nervio tibial. Fuente: elaboración propia.

El tipo de relación anatómica entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior se categorizó, al igual que en el estudio sobre cadáver, como tipo I, II, III o IV (fig 26):

- Tipo I: Cuando una vez delimitado el perímetro del nervio tibial, éste queda ubicado en una posición posterior respecto a la arteria tibial posterior.
- Tipo II: Cuando una vez delimitado el perímetro del nervio tibial, éste queda ubicado en una posición anterior respecto a la arteria tibial posterior.
- Tipo III: Cuando una vez delimitado el perímetro del nervio tibial, el tronco nervioso queda ubicado debajo de los vasos sanguíneos, en una posición lateral respecto a la arteria tibial posterior.
- Tipo IV: Cuando se observa más de un tronco nervioso correspondiente al nervio tibial.



**Fig. 26** Posición del nervio tibial en el paquete vasculonervioso. Posición categorizada como tipo I: el nervio tibial se localiza posterior a la arteria tibial posterior. Posición categorizada como tipo II: el nervio tibial se localiza en una posición anterior respecto a la arteria tibial posterior. Posición categorizada como tipo III: el nervio tibial queda ubicado debajo de los vasos sanguíneos, en una posición lateral respecto a la arteria tibial posterior. Posición categorizada como tipo IV: el nervio tibial aparece bifurcado. Fuente: elaboración propia.

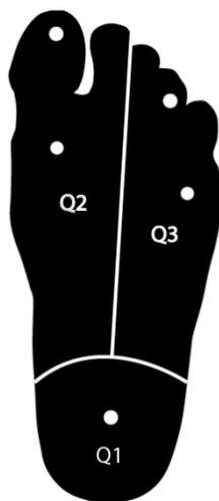
Todas las exploraciones ecográficas fueron realizadas por un solo operador, el podólogo calibrado. Los resultados obtenidos fueron registrados por un anotador en la ficha de exploración correspondiente (Anexo 6).

### 3.7.2. FASE II. Estudio experimental in vivo de la eficacia del bloqueo del nervio tibial.

Las variables y dimensiones consideradas en esta fase del estudio han sido las siguientes:

- *Edad, sexo, peso, altura e IMC del sujeto.* El peso y la altura del sujeto se midieron con un medidor de peso y talla previamente a la realización del bloqueo anestésico.
- *Punción vascular:* categorizada como 1 cuando una vez la aguja estaba ubicada en la proximidad del nervio tibial, la aspiración previa al depósito de AL fue positiva. Categorizada como 2, cuando una vez la aguja estaba ubicada en la proximidad del nervio tibial, la aspiración previa al depósito de AL fue negativa.
- *Punción perineural/intraneural:* categoriza como 1 si el paciente refirió una sensación de descarga eléctrica durante el recorrido de la aguja hasta llegar a su posición final; o como 0 si el paciente no refirió ningún tipo de descarga eléctrica.
- *Tiempo de latencia relativa:* tiempo transcurrido desde la introducción de la aguja hasta la manifestación de los primeros síntomas de anestesia manifestados por el sujeto, previamente instruido para la detección de la sensación anestésica. Se utilizó como parámetro la primera sensación de anestesia referida por el sujeto en la planta del pie. La medición se realizó con un cronómetro y se registró en segundos.
- *Tiempo de latencia absoluta:* tiempo comprendido desde la introducción de la aguja hasta la ausencia completa de sensación dolorosa y térmica en la zona plantar del pie. Parámetro medido también con cronómetro y registrado en segundos.
- *Resultado anestésico:* quedó determinado por la extensión del bloqueo anestésico que se determinó a su vez, por el número de cuadrantes en los que no había presencia de sensibilidad dolorosa y térmica. La evaluación de la

sensibilidad dolorosa se realizó mediante pinchazo cutáneo con aguja 21G (test *pin-prick*). La evaluación de la sensibilidad térmica se realizó con una gasa empapada en alcohol. Para ello la región correspondiente al dermatoma del nervio tibial se dividió en un total de 3 cuadrantes (fig 27). El primer cuadrante corresponde a la región inervada por el nervio calcáneo (C1). La exploración del cuadrante C2 permitió comprobar la presencia o ausencia de sensibilidad dolorosa y térmica en la región inervada por el nervio plantar interno. La ausencia de sensibilidad dolorosa y térmica en el cuadrante C3 confirmó el bloqueo anestésico del nervio plantar externo. La evaluación de la sensibilidad dolorosa y térmica se realizó cada 5 minutos transcurridos los primeros cinco minutos desde la inyección del anestésico local hasta alcanzar el tiempo de latencia absoluta o hasta los 30 minutos de haber realizado el bloqueo. La respuesta positiva al test *pin-prick* y la presencia de sensación de frío se han categorizado como 1. La ausencia de respuesta dolorosa al pinchazo y la ausencia de percepción de frío se han categorizado como 0.



**Fig. 27** División del dermatoma del nervio tibial en tres cuadrantes. El cuadrante C1 corresponde al territorio inervado por el nervio calcáneo. El cuadrante C2 corresponde al territorio inervado por el nervio plantar interno. El cuadrante C3 corresponde al territorio inervado por el nervio plantar externo. Los círculos representan la zona anatómica donde fueron exploradas los dos tipos de sensibilidad, la térmica y la dolorosa. Fuente: elaboración propia.

El resultado anestésico alcanzado se ha categorizado en tres tipos en función de la extensión del bloqueo anestésico:

- ***Bloqueo fallido o nulo:*** si transcurridos 30 minutos desde el inicio del bloqueo, el paciente presentaba dolor al *pin-prick* o percepción de frío en cada uno de los 3 cuadrantes.
  - ***Bloqueo parcheado o incompleto:*** si transcurridos 30 minutos desde el inicio del bloqueo, el paciente únicamente presentaba dolor al *pin-prick* o percepción de frío en los cuadrantes correspondientes al nervio plantar interno (C2), al nervio plantar externo (C3), o bien en el cuadrante inervado por la rama calcánea (C1).
  - ***Bloqueo efectivo o completo:*** cuando transcurridos los 30 minutos desde el inicio del bloqueo, el paciente no presentaba dolor al *pin-prick* ni sensación de frío en ninguno de los 3 cuadrantes en los que se ha dividido el dermatoma del nervio tibial.
- ***Tasa de éxito del bloqueo:*** es la relación porcentual entre el número total de bloqueos efectivos del nervio tibial y el número total de bloqueos anestésicos realizados en el estudio.
  - ***Duración del bloqueo anestésico:*** tiempo comprendido, en horas, desde la consecución del bloqueo (tiempo de latencia absoluta) hasta la primera aparición de parestesias en la zona plantar del pie.
  - ***Grado de dolor del sujeto durante la punción:*** esta variable se ha evaluado mediante una escala visual analógica (EVA) de 0 a 10 puntos. El valor de puntuación 0 corresponde a nada de dolor percibido, mientras que el valor 10 corresponde a un grado de dolor insoportable. Se consideró grado bajo de dolor a una puntuación de 0-3 en la escala EVA, grado moderado de dolor de 4-6, y grado intenso de dolor a una puntuación de 7-10.
  - ***Necesidad de refuerzo anestésico intraquirúrgico:*** categorizada como 1 cuando el paciente necesitó de un depósito adicional de anestésico local

durante la intervención quirúrgica; categorizada como 0 cuando el paciente presentó una analgesia completa durante el transcurso de la cirugía.

Todos los bloqueos anestésicos fueron realizados por un solo operador, el investigador principal del estudio. Las variables implicadas en esta fase del estudio fueron analizadas y testadas por un observador externo que desconocía el tipo de bloqueo anestésico que se le había realizado al sujeto (ciego simple), y que estaba adiestrado para la valoración y anotación de los resultados que se iban obteniendo. Los sujetos de la muestra también desconocían el tipo de bloqueo del nervio tibial que se les había practicado (doble ciego). Las observaciones clínicas se registraron en una ficha de control del proceso anestésico (Anexo 7).

### 3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se emplearon las variables:

- Sexo. Variable cualitativa nominal.
- Edad. Variable cuantitativa.
- Peso. Variable cuantitativa.
- Altura. Variable cuantitativa
- IMC. Variable cuantitativa.
- Categoría de IMC. Variable cualitativa categórica ordinal.
- Perímetro maleolar. Variable cuantitativa.
- Tipo de relación anatómica entre el nervio tibial y la ATP (Tipo I, tipo II, tipo III y tipo IV). Variable cualitativa categórica nominal.
- Mediciones de distancia sobre cadáver. Variable cuantitativa.
- Patrón de bifurcación del nervio tibial (Tipo I, tipo II y tipo III). Variable cualitativa categórica nominal.
- Perímetro del nervio tibial sobre imagen ecográfica. Variable cuantitativa.
- Mediciones de distancia sobre imagen ecográfica. Variable cuantitativa.
- Punción vascular. Variable dicotómica (si/no).
- Punción intraneural. Variable dicotómica (si/no).

- Tiempo de latencia relativo. Variable cuantitativa tiempo.
- Tiempo de latencia absoluto. Variable cuantitativa tiempo.
- Presencia de sensibilidad térmica. Variable dicotómica (si/no).
- Presencia de sensibilidad dolorosa. Variable dicotómica (si/no).
- Resultado anestésico (bloqueo fallido, bloqueo incompleto, bloqueo efectivo). Variable cualitativa categórica ordinal. A partir de ella se obtiene la tasa de éxito de la técnica anestésica siguiendo la siguiente fórmula:  $n^{\circ}$  de bloqueos efectivos/ $n^{\circ}$  total bloqueos anestésicos.
- Duración del bloqueo. Variable cuantitativa de tiempo.
- Grado de dolor referido por el paciente (0-10 puntos). Variable cuantitativa.
- Necesidad de refuerzo anestésico intraquirúrgico. Variable dicotómica (si/no).

Los datos obtenidos fueron introducidos en un documento de Excel y analizados con SPSS v22 de IBM. Se determinaron las medias para las variables cuantitativas y proporciones para las variables categóricas, así como sus IC 95%. Las pruebas llevadas a cabo para la comparación de medias fueron el test t-Student y el test ANOVA, con Bonferroni como prueba post-hoc. Se asumió la normalidad de las distribuciones según el teorema del límite central para muestras superiores a  $n=30$ . Para la comparación de proporciones se utilizó el test Chi cuadrado. Además, se determinó la existencia de una relación lineal mediante la correlación de Pearson entre las variables cuantitativas. Para analizar la concordancia entre las mediciones de varios observadores se emplearon, cuando la variable era cuantitativa, el coeficiente de correlación intraclase, y cuando la variable era categórica, el estadístico Kappa. Para el análisis de las variables expresadas como eventos en el tiempo, se empleó un análisis de supervivencia Kaplan-Meier con las pruebas estadísticas Log Rang de Mantel-Cox, Breslow y Tarone-Ware. El nivel de significación para todos los test empleados se estableció para una  $p < 0,05$ .

## 4. RESULTADOS

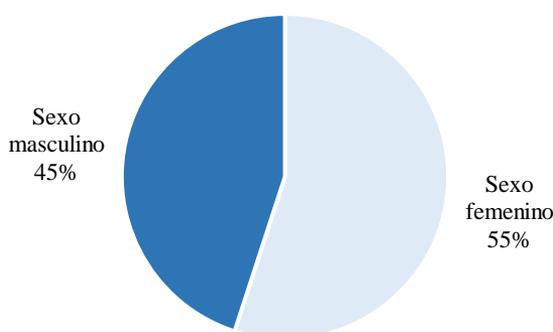


#### 4.1. RESULTADOS DE LA FASE OBSERVACIONAL

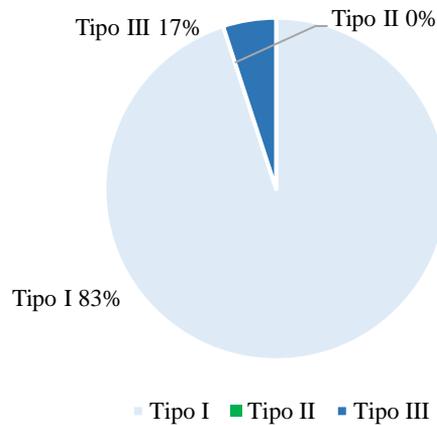
##### 4.1.1. RESULTADOS DE LA FASE Ia. Estudio anatómico del nervio tibial sobre cadáver

La muestra del estudio estuvo constituida por un total de 20 especímenes. La distribución según sexo de la muestra fue de 11 especímenes de sexo femenino (55%), y 9 especímenes de sexo masculino (45%) (gráfico 1). El perímetro maleolar de los especímenes obtuvo un valor medio de 23.7 cm.

El gráfico 2 recoge el tipo de patrón de bifurcación del nervio tibial observado en la muestra. Éste viene determinado por el origen anatómico del nervio calcáneo medial. En total se han diseccionado 36 ramas terminales de este nervio (tabla 12). El patrón de bifurcación que se observó con mayor frecuencia (83%), fue el patrón tipo I, aquel en el que la rama calcánea medial se origina anterior al punto anatómico de bifurcación del nervio tibial en nervio plantar interno y en nervio plantar externo. El 17% de estas ramas terminales, se originaron distales al punto de bifurcación del nervio tibial (tipo III). No se observó en ningún caso, el mismo punto de bifurcación para el nervio plantar interno, el nervio plantar externo y el nervio calcáneo medial (tipo II).



*Gráfico 1* Distribución de la muestra del estudio sobre cadáver por sexo



**Gráfico 2** Tipo de patrón de bifurcación del nervio tibial

El número y origen de la rama calcánea medial por sexo del espécimen, se recoge en la tabla 12. Se han observado hasta un máximo de tres ramas terminales del nervio calcáneo medial. Sin embargo, en la mayoría de las ocasiones (60%), se han diseccionado un máximo de dos ramas. Tanto en el caso de la RCM<sub>1</sub> como en el caso la RCM<sub>2</sub>, se ha observado un predominio del origen de la rama calcánea medial a partir del nervio tibial, siendo éste mayor en el caso de la RCM<sub>1</sub> (95%). En un mismo número de casos (5%), se ha observado un origen de la RCM<sub>3</sub> a partir del nervio tibial y a partir del nervio plantar externo.

**Tabla 12** Origen del nervio calcáneo medial y número de ramas terminales por sexo del espécimen (N=20)

	Hombres (N=9)			Mujeres (N=11)		Ambos sexos (N=20)		Test estadístico
		N (%)	95% IC	N (%)	95% IC	N (%)	95% IC	Chi <sup>2</sup>
Número de ramas terminales NCM	1	3 (33.3)	[12.1 - 65.6]	3 (27.3)	[9.7 - 56.6]	6 (30.0)	[14.5 - 51.9]	P value =0.205
	2	4 (44.4)	[18.9 - 73.3]	8 (72.7)	[43.4 - 90.3]	12 (60.0)	[38.7 - 78.1]	
	3	2 (22.2)	[6.3 - 54.7]	0 (0.0)	[0 - 25.8]	2 (10.0)	[2.8 - 30.1]	
Origen RCM <sub>1</sub> (N=20)	NT	9 (100)	[70.1 - 100]	10 (90.9)	[62.3 - 98.4]	19 (95.0)	[76.4 - 99.1]	P value =0.353
	NPE	0 (0.0)	[0 - 29.9]	1 (9.1)	[1.6 - 37.7]	1 (5.0)	[0.8 - 23.6]	
	Múltiple	0 (0.0)	[0 - 29.9]	0 (0.0)	[0 - 25.8]	0 (0.0)	[0 - 16.1]	
Origen RCM <sub>2</sub> (N=14)	NT	5 (55.5)	[26.7 - 81.1]	5 (45.5)	[21.3 - 71.9]	10 (50.0)	[29.9 - 70.1]	P value =0.668
	NPE	1 (11.1)	[1.9 - 43.5]	3 (27.3)	[9.7 - 56.6]	4 (20.0)	[8.1 - 41.6]	
	Múltiple	0 (0.0)	[0 - 29.9]	0 (0.0)	[0 - 25.8]	0 (0.0)	[0 - 16.1]	
Origen RCM <sub>3</sub> (N=2)	NT	1 (11.1)	[1.9 - 43.5]	0 (0.0)	[0 - 25.8]	1 (5.0)	[0.8 - 23.6]	P value =0.257
	NPE	1 (11.1)	[1.9 - 43.5]	0 (0.0)	[0 - 25.8]	1 (5.0)	[0.8 - 23.6]	
	Múltiple	0 (0.0)	[0 - 29.9]	0 (0.0)	[0 - 25.8]	0 (0.0)	[0 - 16.1]	

NCM=nervio calcáneo medial; RCM=rama calcánea medial, NT=nervio tibial; NPE=nervio plantar externo.

Por lo que respecta al nervio calcáneo inferior (tabla 13), se han diseccionado hasta un máximo de 2 ramas terminales procedentes de este nervio, observándose una única rama terminal en la mayoría de los especímenes (85%). A diferencia de la RCM<sub>1</sub>, la RCI<sub>1</sub> se ha originado a partir del nervio plantar externo en la mayoría de las ocasiones (75%). La RCI<sub>2</sub> se ha originado, en todos los especímenes, a partir del nervio plantar externo.

**Tabla 13** Origen del nervio calcáneo inferior y número de ramas terminales por sexo del espécimen (N=20)

	Hombres (N=9)			Mujeres (N=11)		Ambos sexos (N=20)		Test estadístico
		N (%)	95% IC	N (%)	95% IC	N (%)	95% IC	Chi <sup>2</sup>
Número de ramas terminales NCI	1	7 (77.7)	[45.3 - 93.7]	10 (90.9)	[62.3 - 98.4]	17 (85.0)	[63.9 - 94.8]	P value =0.413
	2	2 (22.2)	[6.3 - 54.7]	1 (9.1)	[1.6 - 37.7]	3 (15.0)	5.2-36.0	
Origen RCI <sub>1</sub> (N=20)	NT	4 (44.4)	[18.9 - 73.3]	1 (9.1)	[1.6 - 37.7]	5 (25.0)	[11.2 - 46.9]	P value =0.069
	NPE	5 (55.5)	[26.7 - 81.1]	10 (90.9)	[62.3 - 98.4]	15 (75.0)	[53.1 - 88.8]	
	Múltiple	0 (0.0)	[0 - 29.9]	0 (0.0)	[0 - 25.8]	0 (0.0)	[0 - 16.1]	
Origen RCI <sub>2</sub> (N=14)	NT	0 (0.0)	[0 - 29.9]	0 (0.0)	[0 - 25.8]	0 (0.0)	[0 - 16.1]	P value =0.413
	NPE	2 (22.2)	[6.3 - 54.7]	1 (9.1)	[1.6 - 37.7]	3 (15.0)	[5.2 - 36.0]	
	Múltiple	0 (0.0)	[0 - 29.9]	0 (0.0)	[0 - 25.8]	0 (0.0)	[0 - 16.1]	

NCI=nervio calcáneo inferior; RCI=rama calcánea inferior; NT=nervio tibial; NPE=nervio plantar externo

El tipo de relación anatómica entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior por sexo del espécimen, se recoge en la tabla 14. El tipo de relación anatómica que se ha observado con mayor frecuencia entre ambas estructuras ha sido el tipo I, tanto a nivel de la línea de referencia retromaleolar LR<sub>1</sub> (85%), como a nivel de la línea de referencia supramaleolar LR<sub>2</sub> (80%). Únicamente se ha observado un caso de bifurcación del nervio tibial en un espécimen (tipo IV), y ésta se ha localizado a nivel de la LR<sub>1</sub>. La relación anatómica tipo III se ha observado, en un número mayor de casos, a nivel de la LR<sub>2</sub>.

**Tabla 14** Clasificación del tipo de relación anatómica entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior a nivel de las dos líneas de medición de referencia.

Línea de referencia	Tipo	Hombres (N=9)		Mujeres (N=11)		Ambos sexos (N=20)		Test Chi cuadrado
		N (%)	95% IC	N (%)	95% IC	N (%)	95% IC	
LR <sub>1</sub>	I	8 (88.9)	[56.5 - 98.0]	9 (81.8)	[52.3 - 94.9]	17 (85)	[63.9 - 94.8]	P value =0.409
	II	1 (11.1)	[1.9 - 43.5]	0 (0.0)	[0 - 25.8]	1 (5.0)	[0.8 - 23.6]	
	III	0 (0.0)	[0 - 29.9]	1 (9.1)	[1.6 - 37.7]	1 (5.0)	[0.8 - 23.6]	
	IV	0 (0.0)	[0 - 29.9]	1 (9.1)	[1.6 - 37.7]	1 (5.0)	[0.8 - 23.6]	
LR <sub>2</sub>	I	7 (77.8)	[45.3 - 93.7]	9 (81.8)	[52.3 - 94.9]	16 (80)	[58.4 - 91.9]	P value =0.497
	II	1 (11.1)	[1.9 - 43.5]	0 (0.0)	[0 - 25.8]	1 (5)	[0.8 - 23.6]	
	III	1 (11.1)	[1.9 - 43.5]	2 (18.2)	[5.1 - 47.7]	3 (15)	[5.2 - 36.0]	
	IV	0 (0.0)	[0 - 29.9]	0 (0.0)	[0 - 25.8]	0 (0.0)	[0 - 16.1]	

LR<sub>1</sub>=línea de referencia a nivel retromaleolar; LR<sub>2</sub>=línea de referencia a nivel supramaleolar

Tipo de relación anatómica: Tipo I: el NT se localiza posterior a la ATP; Tipo II: el NT se localiza anterior a la ATP; Tipo III: el NT se ubica en una posición lateral respecto a la ATP; Tipo IV: Bifurcación del NT (se observa más de un tronco nervioso correspondiente al NT).

### RESULTADOS DE LAS VARIABLES DE MEDICIÓN REALIZADAS A NIVEL RETROMALEOLAR A PARTIR DE LR<sub>1</sub>

En la tabla 15 se describen los resultados obtenidos de las mediciones de las tres variables de distancia llevadas a cabo a partir del eje XLR<sub>1</sub>. El nervio tibial se localizó a una distancia media de 32.99 mm (rango, 21.25-44.99 mm), respecto al punto más prominente del maléolo medial.

**Tabla 15** Resultados de las 3 mediciones de distancia (mm) realizadas a nivel de XLR<sub>1</sub> en los especímenes de ambos sexos (N=20)

MEDIDA DE DISTANCIA	Media OB 1	Media OB 2	Coefficiente correlación intraclase	Media ambos	Min	Max	95% IC
PP-A <sub>1</sub>	60.1	60.1	0.996	60.1	45	75	[56.2 - 63.9]
PP-NT	32.98	33.01	0.994	32.99	21.25	44.99	[30.22 - 35.77]
PP-ATP	27.37	27.38	0.993	27.38	14.81	37.44	[24.59 - 30.16]

PP=punto más prominente del maléolo medial; A<sub>1</sub>=borde posterior del tendón de Aquiles a la altura del punto más prominente del maléolo medial; NT=nervio tibial; ATP=arteria tibial posterior.

Por lo que respecta a las mediciones del punto de bifurcación del nervio tibial en sus ramas terminales a lo largo del eje YLR<sub>1</sub>, tanto el nervio plantar interno como el nervio plantar externo, se han bifurcado distalmente a la línea LR<sub>1</sub> en todos los casos. No ha ocurrido lo mismo en el caso de la primera rama calcánea medial. En 6 ocasiones se ha observado una bifurcación proximal a LR<sub>1</sub>. También se ha observado un caso en el que la primera rama calcánea inferior ha tenido un origen proximal a LR<sub>1</sub> (tabla 16).

**Tabla 16** Resultados de las 7 mediciones de distancia (mm) realizadas a nivel de Y<sub>1</sub> en los especímenes de ambos sexos (N=20)

MEDIDA DE DISTANCIA	Bifurcación respecto a XLR <sub>1</sub>	Media OB 1	Media OB 2	Coefficiente correlación intraclase	Media ambos	Min	Max	95% IC
<b>LR<sub>1</sub>-NPI</b>	n=20	-22.55	-22.40	0.997	-22.48	-37.14	-0.30	[-27.41 - -17.54]
<b>LR<sub>1</sub>-NPE</b>	n=20	-23.83	-23.68	0.996	-23.75	-37.14	-0.30	[-28.11 - -19.39]
<b>LR<sub>1</sub>-RCM<sub>1</sub></b>	<b>Antes</b> n=6	24.58	24.41	0.999	24.50	0.25	91.09	[-11.79 - 60.80]
	<b>Después</b> n=14	-15.82	-16.12	0.998	-15.97	-31.5	-0.72	[-22.02 - -9.91]
<b>LR<sub>1</sub>-RCM<sub>2</sub></b>	n=14	-19.04	-18.93	0.998	-18.98	-31.55	-1.00	[-23.81 - -14.16]
<b>LR<sub>1</sub>-RCM<sub>3</sub></b>	n=2	-29.11	-28.74	0.564	-28.93	-30.34	-27.52	[-46.87 - -10.98]
<b>LR<sub>1</sub>-RCI<sub>1</sub></b>	<b>Antes</b> n=1	1.47	1.51	-	1.49	-	-	-
	<b>Después</b> n=19	-32.21	-32.23	0.998	-32.22	-50.23	-11.41	[-36.46 - -27.97]
<b>LR<sub>1</sub>-RCI<sub>2</sub></b>	n=3	-24.99	-25.57	0.973	-25.28	-30.49	-20.43	[-37.79 - -12.77]

LR<sub>1</sub>=línea de referencia a nivel retromaleolar; NPI=nervio plantar interno; NPE=nervio plantar externo; RCM=rama calcánea medial; RCI=rama calcánea inferior.

## RESULTADOS DE LAS VARIABLES DE MEDICIÓN REALIZADAS A NIVEL SUPRAMALEOLAR A PARTIR DE LR<sub>2</sub>

En la tabla 17 se describen los resultados obtenidos de las mediciones de las tres variables de distancia llevadas a cabo a partir del eje XLR<sub>2</sub>. El nervio tibial se localizó a una distancia media de 23.51 mm (rango, 16.38-34.99 mm) respecto al borde medial de la cortical tibial.

**Tabla 17** Resultados de las 3 mediciones de distancia (mm) realizadas a nivel de XLR<sub>2</sub> en los especímenes de ambos sexos (N=20)

MEDIDA DE DISTANCIA	Media OB 1	Media OB 2	Coefficiente Correlación intraclase	Media ambos	Min	Max	95% IC
CT-A <sub>2</sub>	46.0	45.7	0.983	45.8	34.5	53.0	[43.2 - 48.5]
CT-NT	23.53	23.48	0.992	23.51	16.38	34.99	[21.22 - 25.79]
CT-ATP	19.59	19.72	0.978	19.66	14.72	28.03	[17.92 - 21.39]

CT=borde medial de la cortical tibial; A<sub>2</sub>=borde posterior del tendón de Aquiles a 4 cm proximal del borde inferior del maléolo medial; NT=nervio tibial; ATP=arteria tibial posterior.

Por lo que respecta a las mediciones del punto de bifurcación del nervio tibial en sus ramas terminales a lo largo del eje YLR<sub>2</sub>, tanto el nervio plantar interno como el nervio plantar externo se han bifurcado distalmente a la línea LR<sub>2</sub> en todos los casos. A este nivel, únicamente se ha observado una bifurcación proximal de la RCM<sub>1</sub> en dos especímenes. No se ha observado ningún caso en el que la RCI<sub>1</sub> se haya bifurcado proximal a LR<sub>2</sub> (tabla 18).

**Tabla 18** Resultados de las 7 mediciones de distancia (mm) realizadas a nivel de Y<sub>2</sub> en los especímenes de ambos sexos (N=20)

MEDIDA DE DISTANCIA	Bifurcación respecto a XLR <sub>1</sub>	Media OB 1	Media OB 2	Coefficiente Correlación intraclase	Media ambos	Min	Max	95% IC
LR <sub>2</sub> -NPI	n=20	-56.31	-56.37	0.997	-56.34	-69.33	-32.39	[-60.97 - -51.71]
LR <sub>2</sub> -NPE	n=20	-57.56	-57.57	0.995	-57.57	-69.33	-32.39	[-61.52 - -53.61]
LR <sub>2</sub> -RCM <sub>1</sub>	Antes n=2	30.26	30.10	1	30.18	10.35	50.02	[-221.81- 282.17]
	Después n=18	-44.21	-44.22	0.999	-44.21	-65.09	-4.51	[-51.77 - -36.65]
LR <sub>2</sub> -RCM <sub>2</sub>	n=14	-54.68	-54.67	0.987	-54.68	-65.85	-46.48	[-58.08 - -51.28]
LR <sub>2</sub> -RCM <sub>3</sub>	n=2	-61.56	-62.71	0.989	-62.14	-67.68	-56.60	[-132.56 - 8.28]
LR <sub>2</sub> -RCI <sub>1</sub>	Antes n=0	-	-	-	-	-	-	-
	Después n=20	-63.51	-63.78	0.991	-63.64	-75.04	-35.77	[-67.89 - -59.39]
LR <sub>2</sub> -RCI <sub>2</sub>	n=3	-62.15	-61.64	0.998	-61.89	-69.11	-51.58	[-84.67- -39.11]

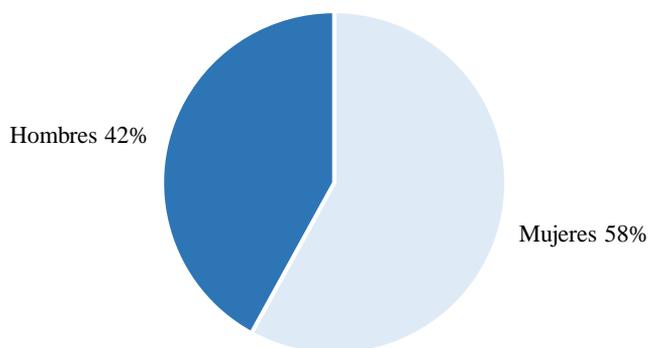
LR<sub>2</sub>=línea de referencia a nivel supramaleolar; NPI=nervio plantar interno; NPE=nervio plantar externo; RCM=rama calcánea medial; RCI=rama calcánea inferior.

#### 4.1.2. RESULTADOS DE LA FASE Ib. Estudio ecográfico del nervio tibial

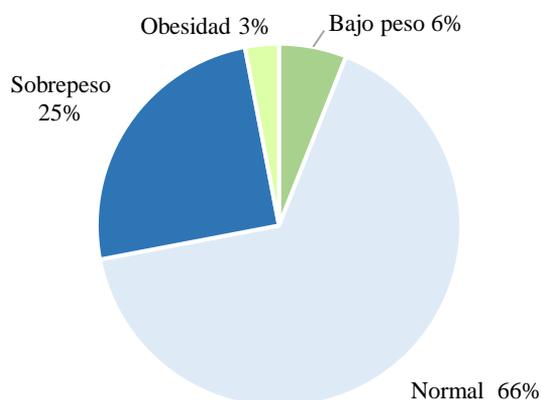
Las características de la muestra obtenida para llevar a cabo el estudio ecográfico del nervio tibial a nivel retromaleolar, han diferido ligeramente de las características de la muestra obtenida para llevar a cabo el análisis ecográfico del nervio tibial a nivel supramaleolar. Ello se debe a que se tuvieron que descartar un total de 6 sujetos a los que no se pudo identificar con seguridad el nervio tibial a nivel supramaleolar, pero sí se pudo identificar a nivel retromaleolar. A continuación, se describen las características de la muestra del estudio utilizada en ambos casos, y los resultados de las variables analizadas.

##### RESULTADOS DEL ESTUDIO ECOGRÁFICO A NIVEL RETROMALEOLAR

La muestra del estudio estuvo constituida por un total de 100 sujetos. La distribución según sexo de la muestra fue de 58 mujeres (58%) y 42 hombres (42%) (gráfico 3). La distribución de los sujetos según categoría de IMC se recoge en el gráfico 4.



**Gráfico 3** Distribución de la muestra del estudio ecográfico a nivel retromaleolar por sexo



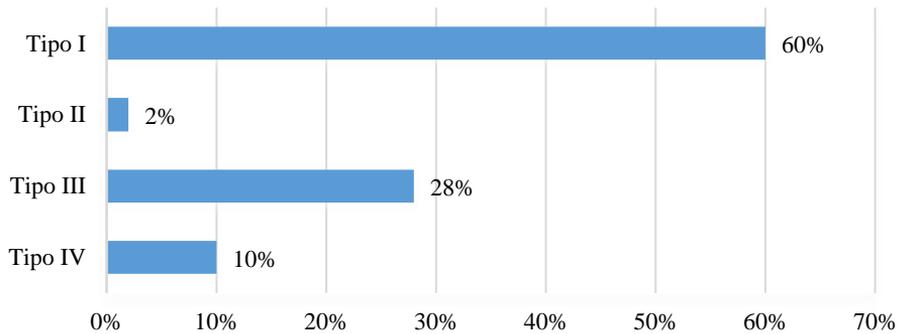
**Gráfico 4** Distribución de la muestra del estudio ecográfico a nivel retromaleolar por categoría de IMC

En la tabla 19 se describen las variables cuantitativas consideradas en el estudio. El nervio tibial se ha localizado a una distancia media de 2.17 cm (rango, 1.03-3.28 cm) respecto al punto más prominente del maléolo medial, y a una profundidad media de 0.91 cm (rango, 0.46-1.39 cm) respecto a la superficie cutánea.

**Tabla 19** Descriptiva de las variables cuantitativas del estudio ecográfico a nivel retromaleolar en la muestra (N=100).

VARIABLES DEL ESTUDIO	MEDIA (Rango)	95% IC
Edad (años)	27.5 (19 - 65)	[25.6 - 29.5]
Altura (m)	1.68 (1.51 - 1.93)	[1.66 - 1.70]
Peso (Kg)	65.3 (40 - 105)	[62.7 - 67.9]
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	22.8 (16.6 - 36.3)	[22.1 - 23.5]
Perímetro maleolar (cm)	24.9 (22 - 29)	[24.5 - 25.2]
Perímetro nervio tibial (cm)	1.35 (0.96 - 1.9)	[1.31 - 1.39]
Distancia desde punto más prominente maléolo medial hasta centro nervio tibial (cm)	2.17 (1.03 - 3.28)	[2.09 - 2.25]
Profundidad nervio tibial (cm)	0.91 (0.46 - 1.39)	[0.86 - 0.95]

El tipo de relación anatómica entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior, se muestra en el gráfico 5. La posición del nervio tibial dentro del paquete vasculonervioso observada con mayor frecuencia (60%), ha sido aquella en la que el nervio se localiza posterior a la arteria (Tipo I). Se ha observado una bifurcación del nervio tibial (Tipo IV) a nivel retromaleolar, hasta en un total de diez ocasiones (10%).



**Gráfico 5** Tipo de relación anatómica entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior en el estudio ecográfico a nivel retromaleolar. (Tipo I: el NT se localiza posterior a la ATP; Tipo II: el NT se localiza anterior a la ATP; Tipo III: el NT se ubica en una posición lateral respecto a la ATP; Tipo IV: se observa más de un tronco nervioso correspondiente al NT).

El test estadístico t-Student con un p-valor=0.000 ha permitido establecer una diferencia significativa para el perímetro maleolar entre hombres y mujeres. También se ha observado una diferencia significativa entre la categoría de IMC y el perímetro maleolar (ANOVA p-valor=0.000). La prueba post-hoc ha determinado que las diferencias se encuentran principalmente entre los sujetos de bajo peso y los sujetos con sobrepeso (p-valor=0.000) y entre los sujetos de bajo peso y los sujetos con obesidad (p-valor=0.011). No hay diferencias estadísticamente significativas para el perímetro del nervio tibial según el sexo del sujeto (t-Student p-valor=0.543), ni tampoco según la categoría de IMC (ANOVA p-valor=0.081) (tabla 20).

**Tabla 20** Análisis de las variables de perímetro maleolar y perímetro del nervio tibial, según el sexo y la categoría de IMC en la muestra del estudio ecográfico a nivel retromaleolar.

			N	Media	95% IC	Test estadístico
Perímetro maleolar	Sexo	Mujer	58	23.8	[23.5-24.2]	t student P value=0.000*
		Hombre	42	26.3	[25.9-26.7]	
	Categoría IMC	1	6	22.8	[22.6-23.1]	Test ANOVA P value= 0.000* POST HOC Bonferroni 1 vs 3 P=0.000* 1 vs 4 P=0.011*
		2	66	24.5	[24.2-24.9]	
		3	25	26.0	[25.4-26.7]	
4	3	26.3	[22.5-30.1]			
Perímetro del nervio tibial	Sexo	Mujer	58	1.36	[1.31 - 1.41]	t student P value= 0.543
		Hombre	42	1.34	[1.28 - 1.39]	
	Categoría IMC	1	6	1.30	[1.14 - 1.45]	Test ANOVA  P value= 0.081
		2	66	1.32	[1.28 - 1.37]	
		3	25	1.40	[1.30 - 1.49]	
4	3	1.55	[1.21 - 1.89]			

Los resultados del análisis de las variables de posición del nervio tibial según el sexo y la categoría de IMC se recogen en la tabla 21. El test t-Student ha determinado una diferencia significativa para la distancia desde el punto más prominente del maléolo tibial hasta el centro del nervio tibial entre hombres y mujeres (p-valor=0.000), así como para la profundidad del nervio tibial entre sexos (p-valor=0.047). El test ANOVA no fue significativo en ninguna de las comparaciones de las dos variables de posición respecto a la categoría de IMC (p-valor=0.276, p-valor=0.055).

**Tabla 21** Análisis de las variables de posición del nervio tibial según sexo y la categoría del IMC del sujeto.

			N	Media	95% IC	Test estadístico
Distancia desde punto más prominente maléolo medial hasta centro nervio tibial	Sexo	Mujer	58	1.99	[1.91 - 2.08]	t student P value=0.000
		Hombre	42	2.42	[2.28 - 2.54]	
	Categoría IMC	1	6	2.19	[2.04 - 2.34]	Test ANOVA  P value= 0.276
		2	66	2.25	[2.14 - 2.35]	
		3	25	2.39	[2.26 - 2.52]	
4	3	2.49	[2.06 - 2.91]			
Profundidad del nervio tibial	Sexo	Mujer	58	0.94	[0.88 - 1.00]	t student P value= 0.047*
		Hombre	42	0.86	[0.79 - 0.92]	
	Categoría IMC	1	6	0.77	[0.54 - 0.99]	Test ANOVA  P value= 0.055
		2	66	0.89	[0.84 - 0.94]	
		3	25	0.95	[0.86 - 1.04]	
4	3	1.15	[0.66 - 1.65]			

Categoría IMC. 1= Bajo peso; 2= Normal; 3= Sobrepeso; 4= Obesidad. (\* Diferencia significativa p<0.05)

Los resultados del análisis del tipo de relación anatómica entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior por sexo y categoría de IMC, se recogen en la tabla 22. Con un  $p$ -valor=0.000 obtenido mediante la prueba  $\chi^2$ , encontramos diferencias estadísticamente significativas para la posición del nervio tibial dentro del paquete vasculonervioso entre hombres y mujeres. Se ha observado mayor predominio de la posición tipo I en mujeres, frente a un mayor predominio de la posición tipo III y IV en hombres. No se ha determinado en cambio, ninguna diferencia significativa para la posición del nervio tibial entre las diferentes categorías de IMC ( $p$ -valor=0.602).

**Tabla 22** Análisis del tipo de relación anatómica entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior por sexo y categoría de IMC, en la muestra del estudio ecográfico a nivel retromaleolar.

	Tipo I N=60		Tipo II N=2		Tipo III N=28		Tipo IV N=10		Test estadístico
	N (%)	95% IC	N (%)	95% IC	N (%)	95% IC	N (%)	95% IC	Test $\chi^2$
Mujer	44 (75.9)	[63.5-85.0]	1 (1.7)	[0.3-9.1]	12 (20.7)	[12.3-32.8]	1 (1.7)	[0.3-9.1]	P value =0.000*
Hombre	16 (38.1)	[24.9-53.2]	1 (2.4)	[0.4-12.3]	16 (38.1)	[24.9-53.2]	9 (21.4)	[11.7-35.9]	
Cat. 1	6 (100.0)	[60.9-100]	0 (0.0)	[0-39.0]	0 (0.0)	[0-39.0]	0 (0.0)	[0-39.0]	P value = 0.602
Cat. 2	39 (59.1)	[47.0-70.1]	2 (3.0)	[0.8-10.4]	17 (25.8)	[16.7-37.4]	8 (12.1)	[6.3-22.1]	
Cat. 3	13 (52.0)	[33.5-69.9]	0 (0.0)	[0-13.3]	10 (40.0)	[23.4-59.3]	2 (8.0)	[2.2-24.9]	
Cat. 4	2 (66.7)	[20.7-93.8]	0 (0.0)	[0-56.1]	1 (33.3)	[6.1-79.2]	0 (0.0)	[0-56.1]	

Tipo de relación anatómica: Tipo I: el NT se localiza posterior a la ATP; Tipo II: el NT se localiza anterior a la ATP; Tipo III: el NT se ubica en una posición lateral respecto a la ATP; Tipo IV: se observa más de un tronco nervioso correspondiente al NT.

Categoría IMC. 1= Bajo peso; 2= Normal; 3= Sobrepeso; 4= Obesidad.

\*Diferencia significativa  $p < 0.05$

Los resultados del análisis del tipo de relación anatómica entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior por peso, altura, IMC y perímetro maleolar, se recogen en la tabla 23. La prueba ANOVA ha determinado una diferencia significativa para la posición del nervio tibial dentro del paquete vasculonervioso entre sujetos con diferente peso ( $p$ -valor=0.004), diferente altura ( $p$ -valor=0.000) y diferente perímetro maleolar ( $p$ -valor=0.006). La prueba post-hoc de Bonferroni ha determinado que las diferencias se encuentran principalmente entre la posición tipo I y la posición tipo III en el caso de las variables peso ( $p$ -valor=0.004) y altura ( $p$ -valor=0.001); y entre la posición tipo I y la posición tipo IV en el caso de la variable perímetro maleolar ( $p$ -valor=0.008).

**Tabla 23** Análisis del tipo de relación anatómica entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior por peso, altura, IMC y perímetro maleolar, en la muestra del estudio ecográfico a nivel retromaleolar

	Tipo I n=60		Tipo II n=2		Tipo III n=28		Tipo IV N=10		Test ANOVA	POST HOC Bonferroni
	Media	95% IC	Media	95% IC	Media	95% IC	Media	95% IC		
Peso	61.5	[58.4-64.7]	67.5	[35.7-92.3]	71.7	[66.4-77.1]	69.8	[62.5-77.1]	P value =0.004*	Posición 1 vs 3 P value=0.004
Altura	1.65	[1.63-1.67]	1.72	[1.21-2.22]	1.72	[1.69-1.76]	1.77	[1.72-1.82]	P value =0.000*	Posición 1 vs 3 P value=0.001
IMC	22.4	[21.6-23.2]	22.8	[20.1-25.6]	23.9	[22.4-25.4]	22.3	[20.1-24.5]	P value =0.253	-
Perímetro maleolar	24.5	[24.0-24.9]	24.3	[21.1-27.4]	25.2	[24.6-25.8]	26.4	[25.2-27.5]	P value =0.006*	Posición 1 vs 4 P value=0.008

Tipo de relación anatómica: Tipo I: el NT se localiza posterior a la ATP; Tipo II: el NT se localiza anterior a la ATP; Tipo III: el NT se ubica en una posición lateral respecto a la ATP; Tipo IV: se observa más de un tronco nervioso correspondiente al NT.

\* Diferencia significativa  $p < 0.05$

La tabla 24 recoge los resultados obtenidos tras realizar unas correlaciones de Pearson entre las variables cuantitativas del estudio. Se observa una correlación lineal positiva de la variable distancia desde el punto más prominente del maléolo tibial al centro del nervio tibial con el peso ( $r$  de Pearson=0.340), la altura ( $r$  de Pearson=0.409) y el perímetro maleolar ( $r$  de Pearson=0.303). También se ha observado una correlación lineal positiva de la variable perímetro maleolar con la edad ( $r$  de Pearson=0.245) y el IMC ( $r$  de Pearson=0.496) y, por tanto, con el peso y la altura del sujeto.

**Tabla 24** Correlaciones entre las variables de posición, perímetro maleolar, edad, peso, altura e IMC en la muestra del estudio ecográfico a nivel retromaleolar (N=100).

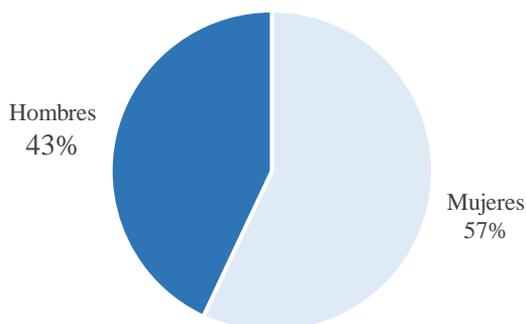
		Perímetro NT	Profundidad NT	Perímetro maleolar	Edad	IMC	Altura	Peso
Distancia hasta centro NT	Correlación de Pearson	0.007	-0.188	0.303**	0.076	0.159	0.409**	0.340**
	Sig. (bilateral)	0.945	0.061	0.002	0.453	0.155	0.000	0.001
Perímetro NT	Correlación de Pearson		0.128	0.019	0.027	0.202*	-0.192	0.038
	Sig. (bilateral)		0.205	0.851	0.788	0.044	0.055	0.707
Profundidad NT	Correlación de Pearson			-0.006	-0.057	0.190	-0.097	0.080
	Sig. (bilateral)			0.955	0.573	0.059	0.339	0.430
Perímetro maleolar	Correlación de Pearson				0.245*	0.496**	0.699**	0.746**
	Sig. (bilateral)				0.014	0.000	0.000	0.000
Edad	Correlación de Pearson					0.308**	-0.033	0.202*
	Sig. (bilateral)					0.002	0.745	0.044
IMC	Correlación de Pearson						0.195	0.828**
	Sig. (bilateral)						0.052	0.000
Altura	Correlación de Pearson							0.706**
	Sig. (bilateral)							0.000

NT=nervio tibial

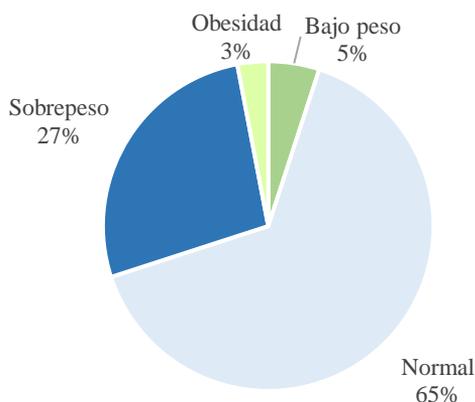
\*p<0,05; \*\*p<0,01

## RESULTADOS DEL ESTUDIO ECOGRÁFICO A NIVEL SUPRAMALEOLAR

La muestra del estudio estuvo constituida por un total de 100 sujetos. La distribución según sexo de la muestra fue de 57 mujeres (57%) y 43 hombres (43%) (gráfico 6). La distribución de los sujetos según categoría de IMC se recoge en el gráfico 7.



**Gráfico 6** Distribución de la muestra del estudio ecográfico a nivel supramaleolar por sexo de la muestra del estudio ecográfico a nivel supramaleolar por sexo



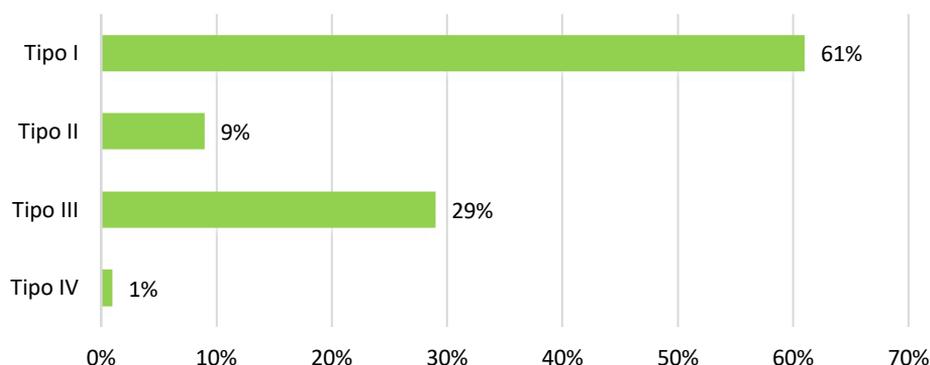
**Gráfico 7** Distribución de la muestra del estudio ecográfico a nivel supramaleolar por categoría de IMC

En la tabla 25 se describen las variables cuantitativas consideradas en el estudio. En este caso, el nervio tibial se ha localizado a una distancia media de 1.81 cm (rango, 0.88-1.77 cm) respecto al borde medial de la cortical tibial, y a una profundidad media de 1.24 cm (rango, 0.6-2.59 cm) respecto a la superficie cutánea.

**Tabla 25** Descriptiva de las variables cuantitativas del estudio en la muestra (N=100)

VARIABLES DEL ESTUDIO	MEDIA (Rango)	95% IC
Edad (años)	29.0 (19-74)	[26.6 - 31.4]
Altura (m)	1.68 (1.51-1.93)	[1.66 - 1.70]
Peso (Kg)	65.6 (40-105)	[62.9 - 68.2]
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	23.1 (16.6-36.3)	[22.4 - 23.8]
Perímetro maleolar (cm)	24.9 (22-29.5)	[24.6 - 25.3]
Perímetro nervio tibial (cm)	1.29 (0.8-1.77)	[1.25 - 1.36]
Distancia desde cortical tibial hasta centro nervio tibial (cm)	1.81 (0.88-2.83)	[1.75 - 1.89]
Profundidad nervio tibial (cm)	1.24 (0.6-2.59)	[1.17 - 1.31]

El tipo de relación anatómica entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior observada a nivel supramaleolar, se muestra en el gráfico 8. La posición del nervio tibial observada con mayor frecuencia ha sido también la posición tipo I, con unos valores muy similares a los observados a nivel retromaleolar (61%). Sin embargo, únicamente se observó un caso (1%) de bifurcación del nervio tibial a 4 cm proximal del borde inferior del maléolo medial.



**Gráfico 8** Tipo de relación anatómica entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior en el estudio ecográfico a nivel supramaleolar (Tipo I: el NT se localiza posterior a la ATP; Tipo II: el NT se localiza anterior a la ATP; Tipo III: el NT se ubica en una posición lateral respecto a la ATP; Tipo IV: se observa más de un tronco nervioso correspondiente al NT).

El test estadístico t-Student con un p-valor=0.000 ha permitido establecer una diferencia significativa para el perímetro maleolar entre hombres y mujeres. También se ha observado una diferencia significativa entre la categoría de IMC y el perímetro maleolar (ANOVA p-valor=0.000). La prueba post-hoc de Bonferroni ha determinado que las diferencias se encuentran principalmente entre los sujetos de bajo peso y los sujetos con sobrepeso (p-valor=0.000), entre los sujetos de bajo peso y los sujetos con obesidad (p-valor=0.010), y entre los sujetos con normopeso y los sujetos con sobrepeso (p-valor=0.000). No hay diferencias estadísticamente significativas para el perímetro del nervio tibial entre hombres y mujeres (t-Student p-valor=0.341), ni tampoco para el perímetro del nervio tibial entre sujetos con diferente categoría de IMC (ANOVA p-valor=0.405) (tabla 26).

**Tabla 26** Análisis de las variables de perímetro maleolar y perímetro del nervio tibial, según el sexo y la categoría de IMC en la muestra del estudio ecográfico a nivel supramaleolar.

			N	Media	95% IC	Test estadístico
Perímetro maleolar	Sexo	Mujer	57	23.9	[23.6 - 24.3]	T Student P value=0.000*
		Hombre	43	26.3	[25.9 - 26.8]	
	Categoría IMC	1	5	22.8	[22.5 - 23.1]	ANOVA P value=0.000* Post hoc Bonferroni P<0.05 1 vs 3 p= 0.000 1 vs 4 p=0.010 2 vs 3 p=0.000
		2	65	24.6	[24.2 - 24.9]	
		3	27	26.1	[25.5 - 26.8]	
		4	3	26.7	[22.9 - 30.5]	
Perímetro del nervio tibial	Sexo	Mujer	57	1.27	[1.23 - 1.32]	t student P value= 0.341
		Hombre	43	1.31	[1.25 - 1.36]	
	Categoría IMC	1	5	1.25	[0.96 - 1.54]	Test ANOVA P value=0.405
		2	65	1.27	[1.23 - 1.32]	
		3	27	1.33	[1.25 - 1.40]	
		4	3	1.43	[1.26 - 1.60]	

Categoría IMC. 1= Bajo peso; 2= Normal; 3= Sobrepeso; 4= Obesidad.

\* Diferencia significativa p<0.05

Los resultados del análisis de las variables de posición del nervio tibial según el sexo y la categoría de IMC, se recogen en la tabla 27. El test t-Student ha determinado, a nivel supramaleolar, una diferencia significativa para la distancia desde el borde medial de la cortical tibial hasta el centro del nervio tibial entre hombres y mujeres ( $p$ -valor=0.009), así como para la profundidad del nervio tibial entre sexos ( $p$ -valor=0.003). Mediante la prueba ANOVA con un  $p$ -valor=0.025, se han encontrado diferencias estadísticamente significativas para la variable distancia desde el borde medial de la cortical tibial hasta el centro del nervio entre sujetos con diferente categoría de IMC. La prueba post hoc de Bonferroni ha determinado que las diferencias se encuentran principalmente entre los sujetos de bajo peso y los sujetos con obesidad ( $p$ -valor=0.05). No se han observado diferencias estadísticamente significativas para la profundidad del nervio tibial entre sujetos con diferente categoría de IMC ( $p$ -valor=0.334).

**Tabla 27** Análisis de las variables de posición del nervio tibial según el sexo y la categoría de IMC, en la muestra del estudio a nivel supramaleolar

		N	Media	95% IC	Test estadístico	
Distancia desde borde medial cortical tibial a 4 cm proximal, hasta centro nervio tibial	Sexo	Mujer	57	1.74	[1.67 - 1.81]	t student P value=0.009*
		Hombre	43	1.91	[1.80 - 2.03]	
	Categoría IMC	1	5	1.56	[1.20 - 1.92]	Test ANOVA P value=0.025*  Post hoc Bonferroni 1 vs 4 P=0.05
		2	65	1.78	[1.71 - 1.85]	
		3	27	1.90	[1.75 - 2.06]	
	4	3	2.18	[1.59 - 2.77]		
Profundidad nervio tibial	Sexo	Mujer	57	1.33	[1.23 - 1.43]	t student P value= 0.003*
		Hombre	43	1.12	[1.03 - 1.22]	
	Categoría IMC	1	5	1.27	[0.98 - 1.57]	Test ANOVA  P value= 0.334
		2	65	1.19	[1.10 - 1.28]	
		3	27	1.30	[1.17 - 1.44]	
	4	3	1.84	[1.26 - 2.42]		

Categoría IMC. 1= Bajo peso; 2= Normal; 3= Sobrepeso; 4= Obesidad.

\* Diferencia significativa  $p < 0.05$

Los resultados del análisis del tipo de relación anatómica entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior por sexo y categoría de IMC, se recogen en la tabla 28. El test Chi<sup>2</sup> no ha mostrado a nivel supramaleolar, diferencias estadísticamente significativas para la posición del nervio tibial dentro del paquete vasculonervioso entre hombres y mujeres (p-valor=0.061). Tampoco ha determinado ninguna diferencia estadísticamente significativa entre sujetos con diferente categoría de IMC (p-valor=0.802).

**Tabla 28** Análisis del tipo de relación anatómica entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior por sexo y categoría de IMC, en la muestra del estudio ecográfico a nivel supramaleolar.

	Tipo I N=61		Tipo II N=9		Tipo III N=29		Tipo IV N=1		Test estadístico
	N (%)	95% IC	N (%)	95% IC	N (%)	95% IC	N (%)	95% IC	Test Chi <sup>2</sup>
Mujer	41 (71.9)	[59.2-81.9]	4 (7.0)	[2.8-16.7]	12 (21.1)	[12.5-33.3]	0 (0.0)	[0-6.3]	P value =0.061
Hombre	20 (46.5)	[32.5-61.1]	5 (11.6)	[5.1-24.4]	17 (39.5)	[26.4-54.4]	1 (2.3)	[0.4-12.1]	
Cat. 1	3 (60.0)	[23.1-88.2]	0 (0.0)	[0-43.4]	2 (40.0)	[11.7-76.9]	0 (0.0)	[0-43.4]	P value =0.802
Cat. 2	42 (64.6)	[52.5-75.1]	4 (6.2)	[2.4-14.8]	18 (27.7)	[18.3-39.5]	1 (1.5)	[18.3-39.6]	
Cat. 3	14 (51.9)	[33.9-69.3]	5 (18.5)	[8.2-36.7]	8 (29.6)	[15.9-48.4]	0 (0.0)	[0-12.4]	
Cat. 4	2 (66.7)	[20.7-93.8]	0 (0.0)	[0-56.1]	1 (33.3)	[6.1-79.2]	0 (0.0)	[0-56.1]	

Tipo de relación anatómica: Tipo I: el NT se localiza posterior a la ATP; Tipo II: el NT se localiza anterior a la ATP; Tipo III: el NT se ubica en una posición lateral respecto a la ATP; Tipo IV: se observa más de un tronco nervioso correspondiente al NT.

Categoría IMC. 1= Bajo peso; 2= Normal; 3= Sobrepeso; 4= Obesidad.

\* Diferencia significativa p<0.05

Los resultados del análisis del tipo de relación anatómica entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior por peso, altura, IMC y perímetro maleolar, se recogen en la tabla 29. A nivel supramaleolar, la prueba ANOVA no ha determinado ninguna diferencia significativa entre la posición del nervio tibial dentro del paquete vasculonervioso y las diferentes variables analizadas.

**Tabla 29** Análisis del tipo de relación anatómica entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior por peso, altura, IMC y perímetro maleolar, en la muestra del estudio ecográfico a nivel supramaleolar.

	Tipo I n=61		Tipo II n=9		Tipo III n=29		Tipo IV N=1		Test ANOVA
	Media	95% IC	Media	95% IC	Media	95% IC	Media	95% IC	
Peso	64.1	[ 60.7-67.4]	68.2	[ 59.1-77.3]	68.1	[ 62.7-73.4]	62.0	-	P value=0.524
Altura	1.67	[ 1.65-1.70]	1.68	[1.59-1.77]	1.70	[ 1.67-1.73]	1.75	-	P value=0.519
IMC	22.8	[22.0-23.6]	24.1	[ 21.6-26.7]	23.4	[ 21.9-24.9]	20.2	-	P value=0.542
Perímetro maleolar	24.6	[24.2-25.1]	25.6	[24.3-26.8]	25.5	[24.8-26.2]	26.0	-	P value=0.116

Tipo de relación anatómica: Tipo I: el NT se localiza posterior a la ATP; Tipo II: el NT se localiza anterior a la ATP; Tipo III: el NT se ubica en una posición lateral respecto a la ATP; Tipo IV: Se observa más de un tronco nervioso correspondiente al NT.

Categoría IMC. 1= Bajo peso; 2= Normal; 3= Sobrepeso; 4= Obesidad.

\*Diferencia significativa  $p < 0.05$

La tabla 30 recoge los resultados obtenidos tras realizar unas correlaciones de Pearson entre las variables cuantitativas del estudio. Se observa una correlación lineal positiva de la variable distancia desde el borde medial de la cortical tibial hasta el centro del nervio tibial con el peso ( $r$  de Pearson=0.381) y el IMC ( $r$  de Pearson=0.328). También se relaciona el perímetro maleolar con la distancia hasta el centro del nervio ( $r$  de Pearson=0.283) determinando que, a mayor perímetro maleolar, mayor distancia desde el borde medial de la cortical hasta el centro del nervio tibial a nivel supramaleolar. El perímetro maleolar también se correlaciona significativamente con las variables de edad ( $r$  de Pearson=0.331) e IMC ( $r$  de Pearson=0.537) y, por tanto, con el peso y la altura del sujeto. Finalmente, también se ha observado una correlación lineal positiva de la variable profundidad del nervio tibial con el IMC ( $r$  de Pearson=0.290).

**Tabla 30** Correlaciones entre las variables de posición, perímetro maleolar, edad, peso, altura e IMC en la muestra del estudio a nivel supramaleolar (N=100).

		Perímetro NT	Profundidad NT	Perímetro maleolar	Edad	IMC	Altura	Peso
Distancia hasta centro NT	Correlación de Pearson	0.134	-0.103	0.283**	0.118	0.328**	0.246*	0.381**
	Sig. (bilateral)	0.184	0.306	0.004	0.243	0.001	0.014	0.000
Perímetro NT	Correlación de Pearson		0.114	0.133	0.200*	0.152	0.085	0.181
	Sig. (bilateral)		0.258	0.188	0.046	0.132	0.399	0.071
Profundidad NT	Correlación de Pearson			0.108	0.181	0.290**	-0.235*	0.071
	Sig. (bilateral)			0.285	0.072	0.003	0.018	0.484
Perímetro maleolar	Correlación de Pearson				0.331**	0.537**	0.628**	0.750**
	Sig. (bilateral)				0.001	0.000	0.000	0.000
Edad	Correlación de Pearson					0.442**	-0.166	0.215*
	Sig. (bilateral)					0.000	0.099	0.032
IMC	Correlación de Pearson						0.136	0.812**
	Sig. (bilateral)						0.176	0.000
Altura	Correlación de Pearson							0.684**
	Sig. (bilateral)							0.000

NT=nervio tibial

\*p<0,05; \*\*p<0,01

#### **4.2. RESULTADOS DE LA FASE EXPERIMENTAL. Estudio in vivo del bloqueo del nervio tibial.**

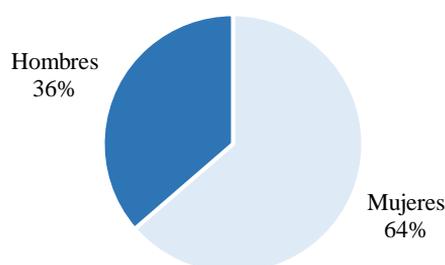
Las coordenadas diana de punción que se utilizaron para llevar a cabo el bloqueo anestésico del nervio tibial, fueron las obtenidas durante la fase descriptiva del estudio, concretamente las obtenidas durante el estudio ecográfico del nervio tibial.

En el caso de la técnica retromaleolar, el punto de punción se localizó, a nivel del eje XLR<sub>1</sub>, entre 2.28-2.54 cm desde el punto más prominente del maléolo medial, en el caso del sexo masculino. En el sexo femenino, el punto de punción se localizó entre 1.91-2.08 cm desde el punto óseo de referencia. La angulación de la aguja fue de 90° para los sujetos con una altura inferior a 1.72 m, y de 45° en el caso de los sujetos con una altura igual o superior a 1.72 m. La profundidad a la que se introdujo la aguja fue la misma en todos los casos, 0.90 cm respecto a la superficie de la piel.

En el caso de la técnica supramaleolar, el punto de punción se localizó, a nivel del eje XLR<sub>2</sub>, entre 1.80-2.03 cm desde el borde medial de la cortical tibial, en el caso del sexo masculino. En el sexo femenino, el punto de punción se localizó entre 1.67-1.81 cm desde el punto óseo de referencia. La angulación de la aguja fue de 90° para todos los casos. La profundidad a la que se introdujo la aguja fue de 1.30 cm en el caso de los hombres, y de 1.10 cm respecto a la superficie de la piel en el caso de las mujeres.

**RESULTADOS DEL BLOQUEO ANESTÉSICO A NIVEL RETROMALEOLAR EN EL TOTAL DE LA MUESTRA (G1 BRM y G2 BRM)**

La muestra del subgrupo BRM estuvo constituida por un total de 55 sujetos, 32 sujetos sanos y 23 pacientes de la CPU programados para cirugía del pie. La distribución según sexo de la muestra fue de 35 mujeres (63.6%) y 20 hombres (36.4%) (gráfico 9). Las características de la muestra se recogen en la tabla 31.

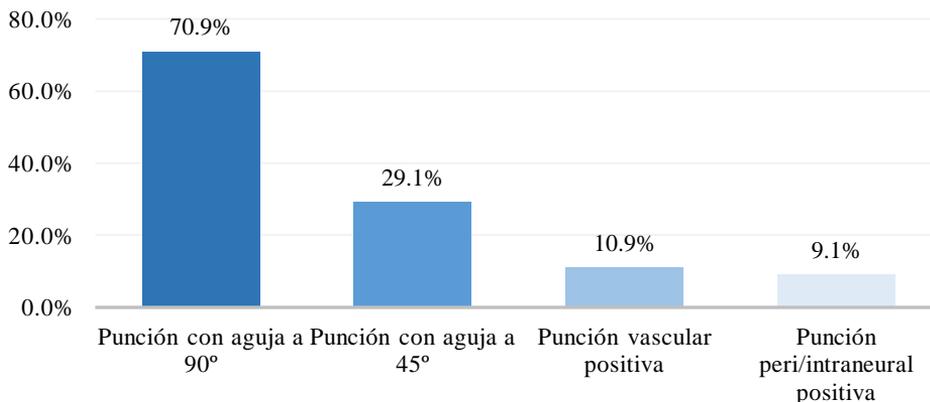


**Gráfico 9** Distribución de la muestra del subgrupo BRM por sexo

**Tabla 31** Descriptiva de la muestra del subgrupo BRM (N=55).

Características de la muestra	Media (Rango)	95% IC
<b>Edad (años)</b>	36.4 (18 - 75)	[31.4 - 41.3]
<b>Altura (m)</b>	1.66 (1.52 - 1.86)	[1.64 - 1.70]
<b>Peso (Kg)</b>	63.4 (43 - 98)	[59.7 - 67.1]

En 39 sujetos (70.9%), el bloqueo se realizó con una angulación de la aguja de 90°, mientras que, en un total de 16 sujetos (29.1%) con una altura igual o superior a 1.72 m, la aguja se introdujo a 45° respecto a la superficie cutánea. La presencia de punción vascular se registró hasta en un máximo de 6 ocasiones (10.9%), mientras que un total de 5 sujetos (9.1%) refirieron una punción perineural/intraneural (gráfico 10). En ningún caso, los sujetos presentaron algún tipo de complicación neurológica una vez pasado el efecto anestésico del bloqueo.



**Gráfico 10** Angulación de la aguja durante el bloqueo retromaleolar y registro de punciones vasculares y peri/intraneurales en el total de la muestra del subgrupo BRM.

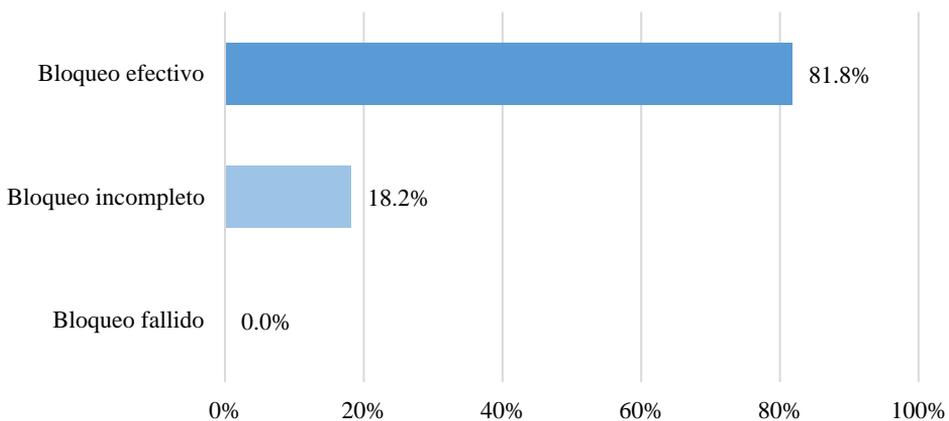
La descriptiva de los tiempos anestésicos registrados durante el bloqueo retromaleolar del nervio tibial, se recogen en la tabla 32. El tiempo transcurrido desde la introducción de la aguja hasta la manifestación de los primeros síntomas de anestesia manifestados por los sujetos de la muestra, ha obtenido un valor medio de 3 min y 16 s. La ausencia completa de sensibilidad térmica y dolorosa se ha alcanzado antes en el cuadrante correspondiente al nervio calcáneo (C1). En el caso del cuadrante correspondiente el nervio plantar interno (C2) y al nervio plantar externo (C3), el bloqueo de ambas sensibilidades se ha alcanzado prácticamente trascurrido el mismo tiempo desde el depósito del anestésico local. En los tres cuadrantes se alcanzó antes la ausencia de sensibilidad térmica que el bloqueo de la sensibilidad dolorosa. El bloqueo del nervio tibial a nivel retromaleolar se alcanzó de media, transcurridos los primeros 17 min y 40 s desde la inyección del anestésico local. La duración media del bloqueo anestésico efectivo fue de 2h y 30 min.

**Tabla 32** Descriptiva de los tiempos anestésicos y grado de dolor registrados durante el bloqueo retromaleolar del nervio tibial en el total de la muestra del subgrupo BRM (N=55)

Variables de tiempo y dolor	Media (Rango)	95% IC
<b>Tiempo de latencia relativa (min)</b>	3 min 16 s (10 s – 9 min 54 s)	[2 min 41 s – 3 min 52 s]
<b>Tiempo latencia absoluta C1 (min)</b> (n=52)	11 min 38 s (5 min – 25 min)	[9 min 59 s – 12 min 50 s]
<b>Tiempo latencia absoluta C2 (min)</b> (n=48)	15 min 38 s (5 min – 30 min)	[13 min 42 s – 17 min 33 s]
<b>Tiempo latencia absoluta (C3) (min)</b> (n=51)	15 min 6 s (5 min – 30 min)	[13 min 10 s – 17 min 2 s]
<b>Tiempo latencia absoluta Total (min)</b> (n=45)	17 min 40 s (5 min – 30 min)	[15 min 45 s – 19 min 35 s]
<b>Duración bloqueo anestésico efectivo (h)</b> (n=45)	2 h 30 min (56 min – 4 h 45 min)	[2h 17 min – 2 h 43 min]
<b>Puntuación grado de dolor EVA (0-10)</b>	2.3 (0 - 8)	[1.7 – 2.9]

El cuadrante que ha presentado más dificultad para alcanzar un bloqueo de la sensibilidad dolorosa y térmica ha sido el correspondiente al nervio plantar interno (C2). Únicamente se ha alcanzado un bloqueo de ambas sensibilidades en dicho cuadrante, en 48 sujetos. En un total de 3 sujetos no se ha alcanzado la ausencia de ambas sensibilidades en el cuadrante correspondiente al nervio calcáneo (C1), mientras que en 4 sujetos se ha identificado la presencia de sensibilidad dolorosa y/o térmica en el cuadrante correspondiente al nervio plantar externo (C3), transcurridos los primeros 30 minutos desde el depósito del anestésico local. Los sujetos de la muestra puntuaron con un valor medio de 2.16 puntos sobre 10 el dolor percibido durante el proceso anestésico.

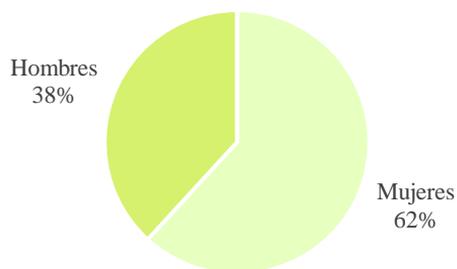
En total se obtuvieron 10 bloqueos parciales o incompletos (18.2%) y 45 bloqueos efectivos (81.8%). No se registró ningún bloqueo fallido (gráfico 11). Ningún paciente de los que alcanzó un bloqueo efectivo del nervio tibial, requirió de un refuerzo anestésico intraquirúrgico por una analgesia insuficiente.



**Gráfico 11** Resultados anestésicos obtenidos para el bloqueo del nervio tibial a nivel retromaleolar en el total de la muestra del subgrupo BRM

**RESULTADOS DEL BLOQUEO ANESTÉSICO A NIVEL SUPRAMALEOLAR EN EL TOTAL DE LA MUESTRA (G1 BSM y G2 BSM)**

La muestra del subgrupo BSM estuvo constituida por un total de 55 sujetos, 32 sujetos sanos y 23 pacientes de la CPU programados para cirugía del pie. La distribución según sexo de la muestra fue de 34 mujeres (61.8%) y 21 hombres (38.2%) (gráfico 12). Las características de la muestra se recogen en la tabla 33.

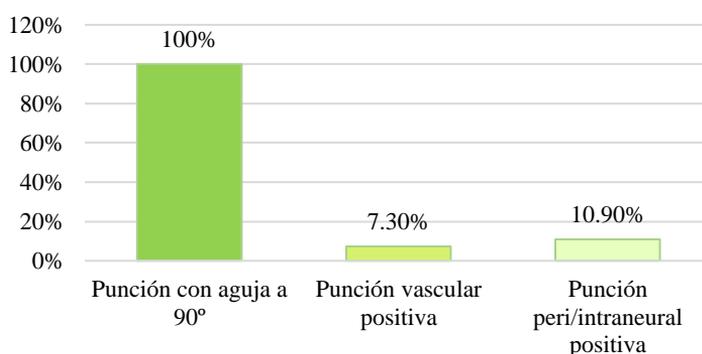


**Gráfico 12** Distribución de la muestra del subgrupo BSM por sexo

**Tabla 33** Descriptiva de la muestra del subgrupo BSM (N=55)

Características de la muestra	Media (Rango)	95% IC
<b>Edad (años)</b>	36.0 (19 – 75)	[31.3 – 40.8]
<b>Altura (m)</b>	1.68 (1.50 – 1.93)	[1.65 – 1.71]
<b>Peso (Kg)</b>	64.6 (45 - 87)	[61.7 - 67.5]

El bloqueo anestésico del nervio tibial a nivel supramaleolar se realizó, en todos los casos, con una angulación de la aguja de 90° respecto a la superficie cutánea. En total se registró la presencia de punción perineural/intraneural en 6 ocasiones (10.9%), respecto a un máximo de 4 punciones vasculares positivas (7,3%) (gráfico 13). En ningún caso, los sujetos presentaron algún tipo de complicación neurológica una vez pasado el efecto anestésico del bloqueo.


**Gráfico 13** Angulación de la aguja durante el bloqueo supramaleolar y registro de punciones vasculares y peri/intraneurales en el subgrupo BSM

La descriptiva de los tiempos anestésicos registrados durante el bloqueo supramaleolar del nervio tibial se recogen en la tabla 34. El tiempo transcurrido desde la introducción de la aguja hasta la manifestación de los primeros síntomas de anestesia manifestados por los sujetos de la muestra, ha obtenido un valor medio de 4 min y 6 s. La ausencia completa de sensibilidad térmica y dolorosa se ha alcanzado antes en el cuadrante correspondiente al nervio calcáneo (C1). El segundo cuadrante en el que se ha observado una ausencia de ambas sensibilidades ha sido el correspondiente al nervio

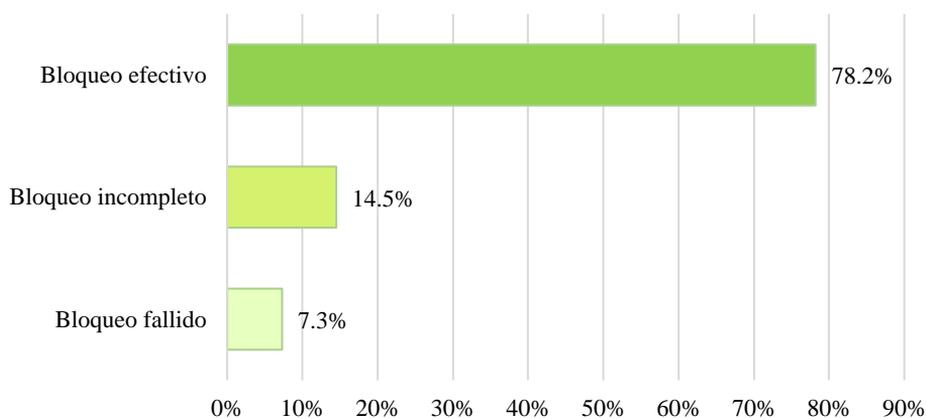
plantar externo (C3). El nervio plantar interno ha sido el último en alcanzar el bloqueo anestésico (C2). En los tres cuadrantes se alcanzó antes la ausencia de sensibilidad térmica que el bloqueo de la sensibilidad dolorosa. El bloqueo del nervio tibial a nivel supramaleolar se alcanzó de media, transcurridos los primeros 19 min y 18 s desde el depósito del anestésico local. La duración media del bloque anestésico efectivo fue de 2h y 31 min.

**Tabla 34** Descriptiva de los tiempos anestésicos y grado de dolor registrado durante el bloqueo supramaleolar del nervio tibial en el total de la muestra del subgrupo BSM (N=55)

Variables de tiempo y dolor	Media (Rango)	95% IC
<b>Tiempo de latencia relativa (min)</b>	4 min 6 s (25 s - 10 min 15 s)	[3 min 25 s - 4 min 47 s]
<b>Tiempo latencia absoluta C1 (min) (n=49)</b>	11 min 50 s (5 min - 30 min)	[9 min 53 s - 13 min 48 s]
<b>Tiempo latencia absoluta C2 (min) (n=45)</b>	17 min 7 s (5 min - 30 min)	[14 min 54 s - 19 min 19 s]
<b>Tiempo latencia absoluta (C3) (min) (n=46)</b>	15 min 39 s (5 min - 30 min)	[13 min 27 s - 17 min 51 s]
<b>Tiempo latencia absoluta Total (min) (n=43)</b>	19 min 18 s (5min - 30 min)	[16 min 52 s - 21 min 44 s]
<b>Duración bloqueo anestésico efectivo (h) (n=43)</b>	2 h 31 min (1 h 10 min - 4 h 13min)	2h 17 min - 2 h 46 min
<b>Puntuación grado de dolor EVA (0-10)</b>	2.24 (0 - 7)	[1.69 - 2.79]

El cuadrante que ha presentado más dificultad a nivel supramaleolar para alcanzar un bloqueo de la sensibilidad dolorosa y térmica, ha sido también, el cuadrante correspondiente al nervio plantar interno (C2). Únicamente se ha alcanzado un bloqueo de ambos tipos de sensibilidad en dicho cuadrante, en un total de 45 sujetos. Por lo que respecta a los cuadrantes correspondientes al nervio calcáneo (C1) y al nervio plantar externo (C3), el número de casos en los que no se ha alcanzado un bloqueo de ambas sensibilidades transcurridos los primeros 30 minutos desde el depósito del anestésico local, ha sido de 6 casos y 9 casos, respectivamente. Los sujetos de la muestra puntuaron con un valor medio de 2.24 puntos sobre 10, el dolor percibido durante el proceso anestésico a nivel supramaleolar.

En total se obtuvieron 8 bloqueos parciales o incompletos (14.5%), 43 bloqueos efectivos (78.2%) y 4 bloqueos fallidos (7.3%) (gráfico 14). Ningún paciente de los que alcanzó un bloqueo efectivo del nervio tibial requirió de un refuerzo anestésico intraquirúrgico por una analgesia insuficiente.



**Gráfico 14** Resultados anestésicos obtenidos para el bloqueo del nervio tibial a nivel supramaleolar en el subgrupo BSM

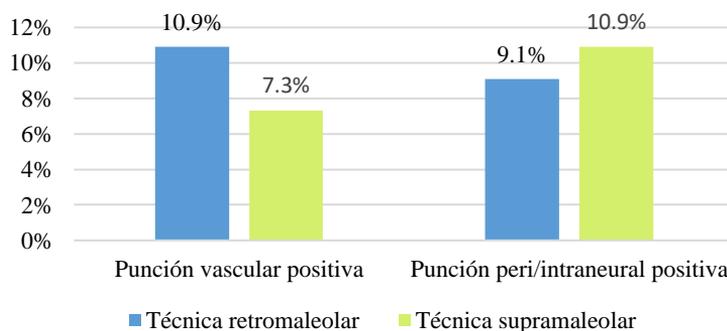
**COMPARATIVA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE EL BLOQUEO ANESTÉSICO A NIVEL RETROMALEOLAR (subgrupo BRM) Y A NIVEL SUPRAMALEOLAR ( subgrupo BSM)**

La muestra de los dos grupos de estudio se ha mostrado comparable. El test T-student no ha determinado diferencias estadísticamente significativas para el sexo (p-valor=0.844), la edad (p-valor=0.920), la altura (p-valor=0.183) ni el peso (p-valor=0.616) entre los sujetos que han configurado las dos muestras de estudio (tabla 35).

**Tabla 35** Comparativa de las características de la muestra de los dos grupos de estudio (subgrupo BRM y BSM).

Características de la muestra	Técnica Retromaleolar (N=55)		Técnica Supramaleolar (N=55)		Test Estadístico
	Media (Rango)	95% IC	Media (Rango)	95% IC	T-Student
Edad (años)	36.4 (18-75)	[ 31.4-41.3]	36.0 (19-75)	[31.3-40.8]	P=0.920
Altura (m)	1.66 (1.52-1.86)	[1.64-1.70]	1.68 (1.50-1.93)	[1.65-1.71]	P=0.183
Peso (kg)	63.4 (43-98)	[59.7-67.1]	64.6 (45-87)	[61.7-67.5]	P=0.616

La comparativa del porcentaje de punciones vasculares y peri/intraneurales positivas registradas durante la realización de las dos técnicas anestésicas, se recogen en el gráfico 15. El porcentaje de punciones vasculares positivas ha sido mayor en el caso de la técnica retromaleolar, mientras que se ha registrado un porcentaje mayor de punciones peri/intraneurales durante la realización de la técnica supramaleolar. Sin embargo, el test Chi<sup>2</sup> no ha determinado en ningún caso, una diferencia significativa entre ambas técnicas (p-valor=0.507 y p-valor=0.751).



**Gráfico 15** Comparativa del porcentaje de punciones vasculares y peri/intraneurales positivas registradas durante las dos técnicas anestésicas

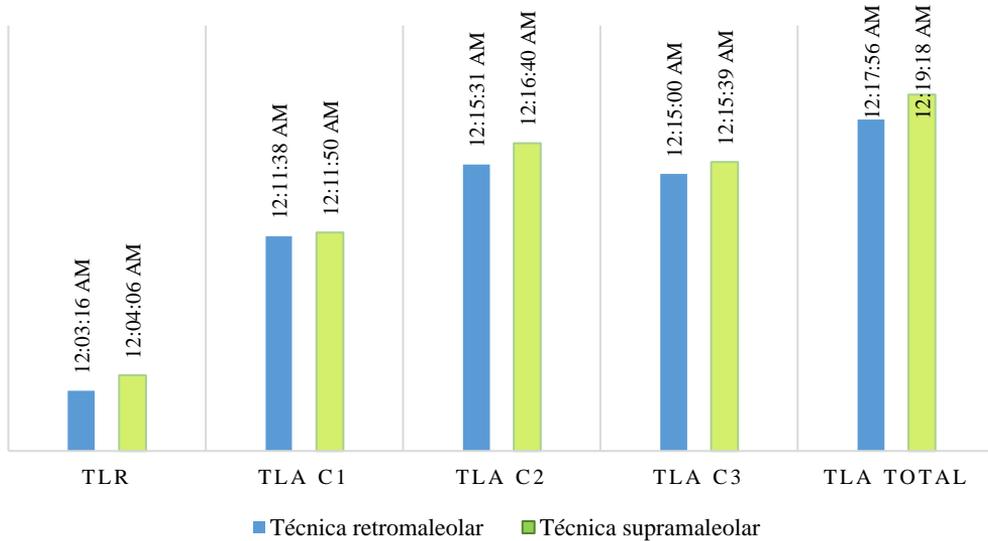
En la tabla 36 se recoge la comparativa de los tiempos anestésicos registrados en ambas técnicas anestésicas, y el grado de dolor referido por los sujetos durante la realización de las mismas. Tanto el tiempo de latencia relativa como el tiempo de latencia absoluta total, alcanzaron un valor ligeramente superior en el caso de la técnica supramaleolar. Sin embargo, no se pudo establecer una diferencia estadísticamente significativa entre ambas técnicas (t-Student p-valor= 0.069 y p-valor=0.287). Tampoco se pudo establecer en el caso de los tiempos de latencia absoluta analizados por cuadrantes. Los tiempos de latencia absoluta para los tres cuadrantes en los que se dividió el dermatoma del nervio tibial, han sido superiores en el caso de la técnica supramaleolar, pero muy similares a los registrados durante el bloqueo retromaleolar del nervio tibial (gráfico 16).

Mediante el test t-Student con un valor-p=0.895, tampoco se han encontrado diferencias estadísticamente significativas para la duración del bloqueo anestésico efectivo entre ambas técnicas. Lo mismo ha ocurrido para la puntuación del grado de dolor referido por los sujetos durante el proceso anestésico (p-valor=0.847).

**Tabla 36** Comparativa de los tiempos anestésicos y grado de dolor registrados durante ambas técnicas anestésicas.

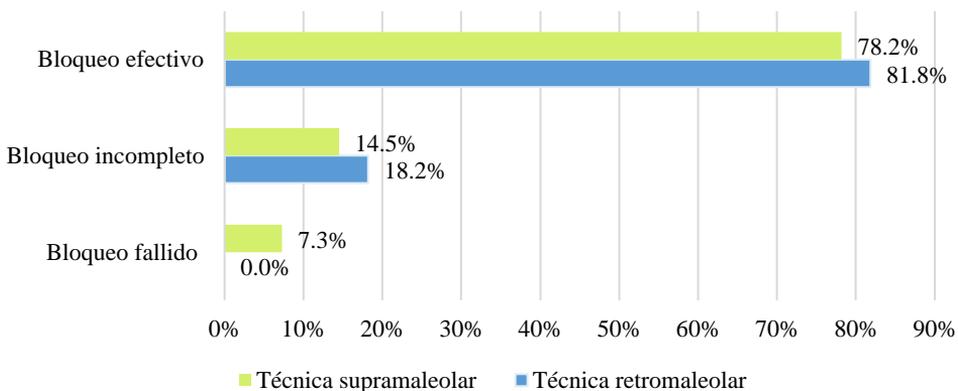
Variables de tiempo y dolor	Técnica Retromaleolar (N=55)		Técnica Supramaleolar (N=55)		Test Estadístico
	Media (Rango)	95% IC	Media (Rango)	95% IC	T-Student
TLR (min)	3 min 16 s (10s-9 min 54s)	[2 min 41s – 3 min 52 s]	4 min 6s (25s-10 min 15s)	[3 min 25s – 4 min 47s]	P=0.069
TLA C1 (min)	11 min 38 s (5 min-25 min)	[9 min 59s – 13 min 17s]	11 min 50s (5 min-30 min)	[9 min 53s – 13 min 48s]	P=0.874
TLA C2 (min)	15 min 31 s (5 min-30 min)	[13 min 33s – 17 min 29s]	16 min 40s (5 min-30 min)	[14 min 26s – 18 min 55s]	P=0.591
TLA (C3) (min)	15 min 0 s (5 min-30 min)	[13 min 2s- 16 min 58s]	15 min 39s (5 min-30 min)	[13 min 27s – 19 min 31s]	P=0.657
TLA Total (min)	17 min 56 s (5 min-30 min)	[15 min 54s- 19 min 53s]	19 min 18s (5 min-30 min)	[16 min 52s – 21 min 44s]	P=0.287
Duración bloqueo anestésico efectivo (h)	2 h 30 min (56 min-4h 45 min)	[2h 17 min- 2h 43 min]	2 h 31 min (1 h 10 min – 4 h 13 min)	[2 h 17 min – 2h 46 min]	P=0.895
Puntuación grado de dolor EVA (0-10)	2.16 (0-8)	[1.64-2.68]	2.24 (0-7)	[1.69-2.79]	P=0.847

TLR=tiempo de latencia relativa; TLA=tiempo de latencia absoluta; C1=cuadrante correspondiente al nervio calcáneo; C2=cuadrante correspondiente al nervio plantar interno; C3=cuadrante correspondiente al nervio plantar externo.



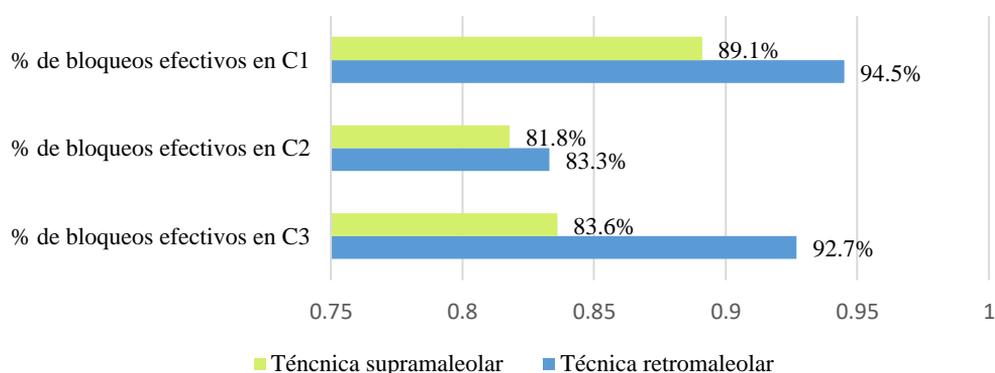
**Gráfico 16** Comparativa de los tiempos de latencia relativa y los tiempos de latencia absoluta registrados en ambas técnicas.

El resultado anestésico alcanzado con cada una de las técnicas anestésicas se representa en el gráfico 17. La tasa de éxito ha sido superior en el caso de la técnica retromaleolar, 81.8% frente a un 78.2% para la técnica supramaleolar. Sin embargo, mediante la prueba  $\chi^2$  con un p-valor=0.634, no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas para la tasa de éxito entre ambas técnicas.



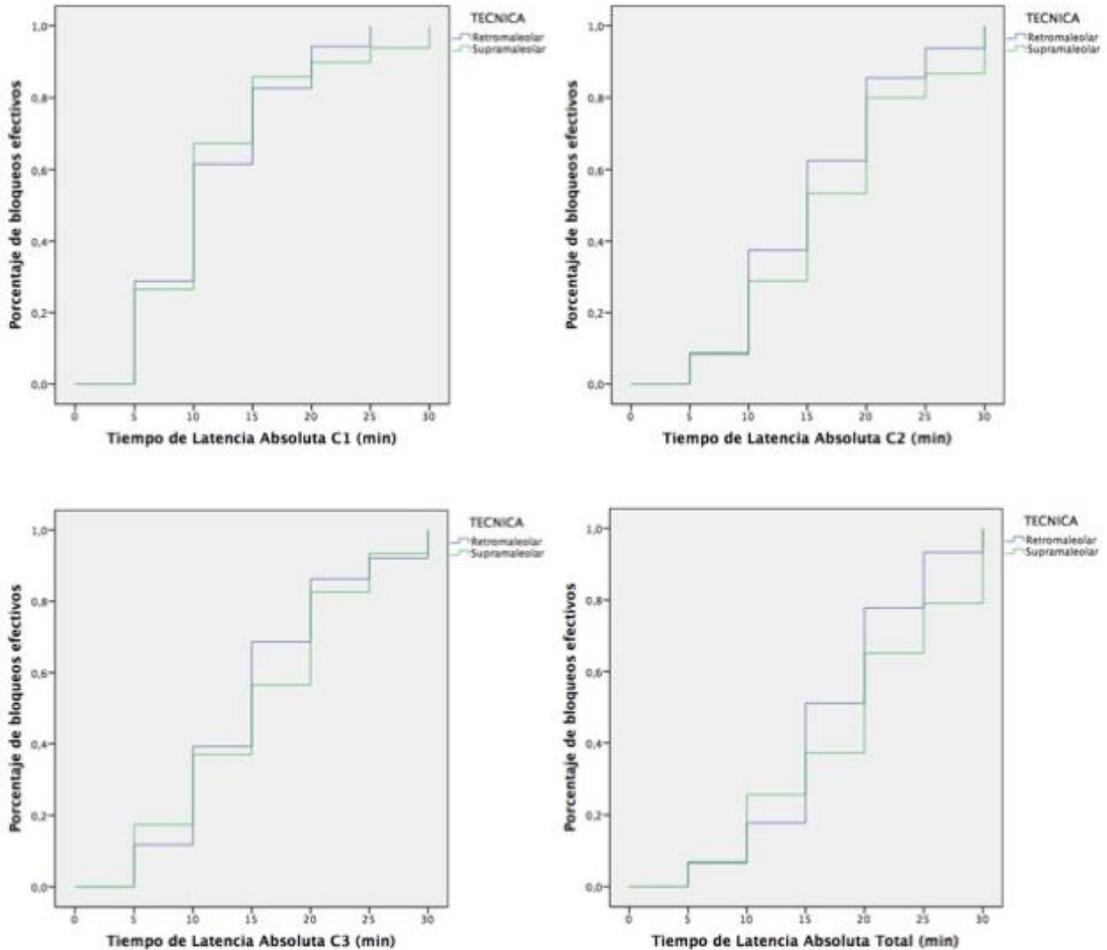
**Gráfico 17** Comparativa de los resultados anestésicos alcanzados con ambas técnicas

El porcentaje de bloqueos efectivos alcanzados en cada uno de los cuadrantes en los que se dividió el dermatoma del nervio tibial, queda representado en el gráfico 18. El test  $\chi^2$  no ha determinado diferencias estadísticamente significativas para el porcentaje de éxito alcanzado en el cuadrante C1 entre la técnica retromaleolar y la técnica supramaleolar ( $p$ -valor=0.297). Tampoco se han encontrado diferencias significativas para el porcentaje de éxito alcanzado en el cuadrante C2 ( $p$ -valor=0.429) y en el cuadrante C3 ( $p$ -valor=0.140), entre ambas técnicas. El cuadrante que ha presentado más dificultad para alcanzar el bloqueo sensitivo, ha sido el correspondiente al nervio plantar interno (C2), en ambas técnicas.



**Gráfico 18** Comparativa del porcentaje de bloqueos efectivos alcanzado por cuadrantes para las dos técnicas. (C1=cuadrante correspondiente al nervio calcáneo; C2=cuadrante correspondiente al nervio plantar interno; C3=cuadrante correspondiente al nervio plantar externo).

El gráfico 19 representa las curvas de supervivencia de las dos técnicas anestésicas, obtenidas para cada uno de los cuadrantes tras realizar un análisis de Kaplan-Meier. Las pruebas Log Rank de Mantel-Cox, Breslow y Tarone-Ware, no han determinado diferencias estadísticamente significativas entre la curva de supervivencia de la técnica retromaleolar y la curva de supervivencia de la técnica supramaleolar, para ninguno de los tres cuadrantes en los que se dividió el dermatoma del nervio tibial (tabla 37).



**Gráfico 19** Comparativa de las curvas de supervivencia obtenidas para cada técnica anestésica por cuadrantes (C1=cuadrante correspondiente al nervio calcáneo; C2=cuadrante correspondiente al nervio plantar interno; C3=cuadrante correspondiente al nervio plantar externo).

**Tabla 37** Resultados estadísticos de la comparación de la curva de supervivencia de la técnica retromaleolar y la técnica supramaleolar por cuadrantes

Prueba estadística	Cuadrante			
	C1	C2	C3	Total (C1,C2,C3)
Log Rank de Mantel-Cox	p-value=0.715	p-value=0.252	p-value=0.650	p-value=0.114
Breslow	p-value=0.888	p-value=0.325	p-value=0.637	p-value=0.271
Tarone-Ware	p-value=0.985	p-value=0.292	p-value=0.608	p-value=0.183

(C1=cuadrante correspondiente al nervio calcáneo; C2=cuadrante correspondiente al nervio plantar interno; C3=cuadrante correspondiente al nervio plantar externo).

## 5. DISCUSIÓN



Desde el punto de vista profesional y eminentemente clínico, el proceso anestésico realizado a un paciente es un procedimiento fundamental, ya que sin su consecución es imposible la realización de una intervención quirúrgica. Por otra parte, un bloqueo anestésico de calidad debe garantizar un tiempo de latencia reducido, una extensión y duración adecuada del efecto anestésico, una buena aceptación por parte del paciente y, en definitiva, una alta tasa de éxito. Es por ello que, en la actualidad, la anestesia locorreional de tobillo se ha constituido en un acto clínico de importancia para el desarrollo de las competencias clínicas del profesional de la podología.

Este estudio ha pretendido mejorar la práctica clínica del procedimiento anestésico del pie teniendo en cuenta la importancia de este procedimiento asistencial desde un punto de vista dual: por una parte, desde la perspectiva del paciente sometido a una intervención quirúrgica que valora sobremanera la minimización del dolor generado por el procedimiento anestésico y, por otra parte, desde la visión del profesional que valora y desea ofrecer un procedimiento anestésico de calidad.

Concretamente, el presente estudio ha pretendido describir dos técnicas anestésicas para el bloqueo del nervio tibial, tronco nervioso que, de los cinco que inervan el pie, es el que presenta mayor dificultad para su bloqueo anestésico. Para ello, se ha determinado como punto anatómico de referencia, un punto óseo fácil de identificar tanto para la técnica retromaleolar como para la técnica supramaleolar. Las coordenadas de punción descritas para ambas técnicas se han basado en un estudio anatómico previo del nervio tibial. Dicho estudio ha comprendido una disección del nervio tibial en especímenes no formalizados, y un estudio ecográfico in vivo de la anatomía del nervio y de su relación con la arteria tibial posterior. El estudio anatómico sobre cadáver ha permitido conocer el patrón de bifurcación del nervio tibial. El estudio ecográfico, ha permitido determinar la posición del nervio tibial y analizar si las características antropométricas del sujeto condicionan la posición del nervio tibial y su relación con la arteria tibial posterior. Para finalizar, se ha sometido a estudio la eficacia anestésica de las dos técnicas descritas.

La problemática principal en el estudio del bloqueo anestésico del nervio tibial es la difícil comparación entre estudios. Son muchas las publicaciones que han descrito el patrón de bifurcación del nervio tibial basándose para ello en una disección anatómica sobre cadáver. Sin embargo, no se han publicado estudios anatómicos previos que describan ecográficamente la posición del nervio tibial y su relación con la arteria tibial posterior. También son numerosas las publicaciones que describen diferentes técnicas anestésicas para el bloqueo del nervio tibial, pero son escasos los resultados publicados acerca de la eficacia anestésica de las mismas. Concretamente, es escasa la información relativa a aspectos claves como el tiempo de latencia, la duración de acción, la tasa de éxito, o la satisfacción del paciente con las técnicas descritas hasta el momento. Es por ello que es necesario justificar la necesidad de describir dos técnicas anestésicas, y contrastar en la medida de lo posible, la metodología llevada a cabo en este estudio con la que se describe en otras publicaciones.

### **5.1. JUSTIFICACIÓN DE LAS TÉCNICAS ANESTÉSICAS DESCRITAS**

Desde que Labat describiera por primera vez en 1967 el bloqueo de tobillo, son diversos los autores que han descrito diferentes técnicas anestésicas basadas en referencias anatómicas para el bloqueo del nervio tibial. La mayoría de estas técnicas, describen un bloqueo del nervio a nivel de la altura del tobillo y están sujetas a ligeras variaciones respecto a la posición del paciente, los puntos anatómicos de referencia utilizados, y el volumen anestésico administrado. Otras en cambio, describen un punto de punción para el bloqueo del nervio tibial distal al túnel tarsiano. En el primer caso, la imprecisión de los puntos anatómicos de referencia descritos, la imprecisión del punto exacto de punción, y/o la imprecisión de la orientación y profundidad a la que se debe introducir la aguja, son aspectos que dificultan sobremanera la reproducibilidad de estas técnicas anestésicas. En el segundo caso, la localización del punto de punción distal al túnel tarsiano no puede garantizar un bloqueo anestésico de todas las ramas terminales del nervio tibial. A ello se le suma el hecho de que la mayoría de las técnicas descritas toman como elemento anatómico de referencia para localizar el punto diana de punción, el pulso de la arteria tibial posterior y éste, en ocasiones, no es palpable.

Un ejemplo de ello es la técnica clásica de bloqueo de tobillo. Los dos abordajes descritos para el bloqueo del nervio tibial, el bloqueo con el paciente en decúbito supino y el bloqueo con el paciente en decúbito prono, se basan en la localización del pulso arterial para determinar el punto exacto de punción a nivel del borde superior del maléolo medial. Sin embargo, y a pesar de que se determina un punto de punción alternativo cuando no se puede identificar el pulso arterial (punto medio entre el maléolo medial y el tendón de Aquiles), la orientación a la que se debe insertar la aguja para el abordaje en decúbito supino no queda bien definida, ya que se describe una orientación hacia la superficie postero-lateral de la tibia (20). No ocurre lo mismo con el abordaje descrito en decúbito prono, en este caso la aguja debe dirigirse paralela a la superficie plantar del pie (24). Sin embargo, la posición de decúbito prono no es una posición cómoda para el paciente, especialmente cuando presenta cierta limitación de movilidad.

La técnica propuesta por Sharrock supone una mejora en cuanto a la localización de la arteria tibial posterior, más superficial a su paso por la zona distal y posterior al maléolo medial. Sin embargo, esta localización distal al retináculo flexor, también supone una mayor probabilidad de bifurcación del nervio tibial en nervio plantar interno y nervio plantar externo. De ahí la necesidad de realizar dos punciones, una a cada lado del pulso arterial (26), con el consecuente riesgo de punción vascular y de mayor laceración de los tejidos.

Wassef es el primer autor que no se basa en la localización del pulso arterial para determinar el punto de punción para el bloqueo del nervio tibial. Sin embargo, éste se localiza 2-3 cm distal al maléolo medial, inmediatamente posterior e inferior al *sustentáculum tali* (27), y esta referencia anatómica, distal también al túnel tarsiano, si bien es un punto de punción fácilmente identificable, puede estar asociada a una mayor probabilidad de obtener un bloqueo incompleto del nervio tibial.

Un punto diana de punción muy similar al propuesto por Wassef, es el descrito por Colgrove. Este autor describe una técnica anestésica en la que el punto de punción se localiza a 25-30 mm de la punta del maléolo medial, siguiendo la línea de referencia que une el borde inferior del maléolo medial y el punto medio de la curva posterior del talón (28).

Hromádka, en cambio, describe un bloqueo del nervio tibial basado en una técnica de aplicación directa dentro del túnel tarsiano. La aguja, ubicada en la parte superior del calcáneo, frente al tendón de Aquiles, debe avanzar a través del retináculo flexor hacia el maléolo medial, paralela al borde lateral del pie. Sin embargo, el espacio para los anestésicos locales es mucho mayor en esta localización, siendo necesario utilizar un volumen muy grande de anestésico local para lograr una anestesia satisfactoria. Además, la localización a nivel de la parte superior del calcáneo puede conllevar la lateralización involuntaria de la aguja y el depósito del anestésico local fuera del paquete vasculonervioso (19).

Por su parte, Nieto et al describen, en un primer momento, el punto de punción para el bloqueo del nervio tibial, posterior a la arteria tibial posterior localizada previamente, y a 0.5 cm hacia el tendón de Aquiles, debido a la posición más retrasada del nervio dentro del paquete vasculonervioso (21). Sin embargo, en su última publicación, estos autores ya no toman como punto anatómico de referencia para determinar el punto de punción, el pulso arterial. En este caso, el punto de punción se localiza a 2 cm por encima de una línea imaginaria horizontal que une el maléolo medial con el tendón de Aquiles, y a 1 cm de distancia del tendón de Aquiles (56). No obstante, no se especifica a qué altura del maléolo medial se debe trazar la línea imaginaria (borde superior o borde inferior del maléolo), ni tampoco si el centímetro de distancia es respecto al borde anterior o borde posterior del tendón de Aquiles. Tampoco se define la profundidad a la que debe introducirse la aguja, únicamente que la aguja debe situarse prácticamente en el interior del túnel tarsiano.

Delgado et al. proponen realizar un abordaje anestésico de los cinco troncos nerviosos del pie a nivel supramaleolar, con el objetivo de ampliar el área anestesiada y mejorar así la aceptación por parte del paciente de la utilización de un manguito de isquemia en el tobillo. Sin embargo, el bloqueo del nervio tibial que describen, no difiere de la técnica clásica de bloqueo de tobillo, puesto que se realiza buscando el pulso arterial a la altura del borde proximal del maléolo medial y realizando la punción justo posterior a la arteria, o en el punto intermedio entre el borde posterior y proximal del maléolo tibial y el borde medial del tendón de Aquiles (57).

De todos los autores estudiados, el primero que manifestó una preocupación por intentar explicar el por qué no se consigue el mismo grado de anestesia en todos los casos en los que se realiza un bloqueo del nervio tibial, fue Gerbert en 1971. Este autor afirma que el nervio tibial se bifurca, en un porcentaje significativo de la población, en un nivel anatómico más proximal al referido por la literatura. Por ello, propone realizar el abordaje del nervio tibial entre 5-6 cm por arriba de la tuberosidad posterior e inferior del maléolo medial, a un tercio del borde posterior del tendón de Aquiles (31).

Otro autor que describe una localización proximal del nervio tibial es Larrabure. Este autor describe el punto de punción en el punto intermedio entre el cóndilo interno de la tibia y el maléolo medial, a 1 cm posterior del borde medial del eje tibial (58). La localización del nervio tibial en esta posición, se realiza mediante la ayuda de un neuroestimulador.

Otra técnica de abordaje supramaleolar, también basada en la localización del nervio tibial mediante neuroestimulador, es la descrita por Doty et al. El punto de punción para el nervio tibial se localiza a 7 cm proximal del maléolo medial, en el plano subfascial entre el flexor largo del Hallux y el flexor largo común de los dedos (59).

En nuestro caso, se han descrito dos técnicas anestésicas para el bloqueo del nervio tibial a partir de dos puntos óseos de referencia, sin necesidad de localizar previamente el pulso de la arteria tibial posterior. La elección del punto más prominente del maléolo medial como punto óseo de referencia a partir del cual establecer el punto de punción para la técnica retromaleolar ha respondido a varios motivos:

- En primer lugar, se trata de una prominencia ósea fácil de reconocer, independientemente de las características anatómicas del tobillo del sujeto.
- En segundo lugar, la distancia a la que realizar la punción medida sobre el eje XLR<sub>1</sub>, queda ubicada dentro del túnel tarsiano. Este hecho supone una menor probabilidad de que el nervio tibial se haya bifurcado en sus ramas distales, respecto a otras técnicas de localización más distal.
- En tercer lugar, esta localización retromaleolar permite una exposición superficial del nervio tibial.

El interés por describir una técnica de abordaje supramaleolar para el bloqueo del nervio tibial, responde a una necesidad anestésica, la necesidad de intentar reducir el número de bloqueos incompletos asociados al bloqueo del nervio tibial. En este caso, se determinó una localización del nervio a 4 cm proximal respecto al borde inferior del maléolo medial por los siguientes motivos:

- En primer lugar, el borde medial de la tibia es fácil de reconocer mediante palpación en esta localización anatómica.
- En segundo lugar, esta localización garantiza una fácil identificación ecográfica de la estructura correspondiente al nervio. No hubiese sido así con una localización más proximal en la que el tejido celular subcutáneo podría haber dificultado la identificación del tronco nervioso.
- En tercer lugar, a pesar de que en esta localización el nervio tibial se localiza en un plano más profundo, hay una menor probabilidad de que el nervio tibial se haya bifurcado en sus tres ramas distales: el nervio plantar interno, el nervio plantar externo y el nervio calcáneo.

Las dos técnicas anestésicas descritas se realizan mediante una única punción que no implica cambios de dirección en la aguja, minimizando así la probabilidad de lacerar los tejidos adyacentes al nervio. Además, se ha intentado evitar describir una técnica anestésica para el nervio tibial basada en un bloqueo por volumen. La importancia de ello se debe a que, durante los procedimientos quirúrgicos del pie, concretamente durante las cirugías osteoarticulares, no sólo se ve comprometido el territorio inervado por el nervio tibial, sino también por otros nervios del pie. Es en estos casos, en los que es aún más necesario administrar la dosis mínima efectiva para cada tronco nervioso con el fin de poder trabajar con un margen de seguridad más amplio, sin peligro de alcanzar niveles plasmáticos de dosis máxima de anestésico local.

## 5.2. DISCUSIÓN DE LA METODOLOGÍA

### 5.2.1. DISEÑO DEL ESTUDIO Y SELECCIÓN DE LA MUESTRA

El objetivo principal del estudio ha sido describir dos técnicas anestésicas para el bloqueo del nervio tibial mediante técnica convencional. Para establecer las coordenadas diana de punción, se ha considerado imprescindible realizar previamente un estudio observacional de la anatomía del nervio tibial: de su posición a su paso por la región del tobillo, de su patrón de bifurcación y de su relación con la arteria tibial posterior.

El estudio anatómico sobre cadáver ha permitido establecer el patrón de bifurcación del nervio tibial, y el origen y número de ramas del nervio calcáneo medial y nervio calcáneo inferior. El estudio ecográfico del nervio, si bien no ha permitido establecer el punto de bifurcación del nervio tibial, ha complementado esta primera fase del estudio observacional en tanto en cuanto ha permitido realizar una observación directa e *in vivo* del paquete vasculonervioso. Concretamente, ha permitido determinar la distancia desde el punto óseo de referencia hasta el centro del nervio tibial, así como la profundidad del nervio y el tipo de relación mantenida con la arteria tibial posterior. De hecho, aunque durante el estudio sobre cadáver se ha intentado realizar una manipulación mínima del nervio tibial, el estudio ecográfico ha garantizado la medición de estas variables en su posición original, sin manipulación directa del paquete vasculonervioso. Además, el estudio ecográfico ha permitido analizar si las características antropométricas del sujeto condicionan la posición anatómica del nervio tibial.

Son pocos los estudios que han realizado un estudio anatómico previo del nervio tibial para describir una técnica anestésica. Y todos ellos lo han hecho basándose únicamente en un estudio sobre cadáver (19,21,31).

En el presente estudio se ha estimado necesaria una muestra aleatoria de 97 individuos para estimar, con una confianza del 95% y una precisión de  $\pm 0.1$  unidades, la media poblacional de unos valores ecográficos del nervio tibial que se han previsto que tengan una desviación estándar de alrededor de 0.5 unidades. Por lo que respecta al

tamaño muestral necesario para evaluar y comparar la eficacia anestésica de las dos técnicas descritas, se ha estimado necesario un tamaño muestral de 44 sujetos en cada uno de los dos subgrupos de estudio, aceptando un riesgo alfa de 0.05 y un riesgo beta de 0.2 en un contraste bilateral, y esperando alcanzar una tasa de éxito del 66% para la técnica retromaleolar, y del 90% para la técnica supramaleolar.

En total se han realizado 110 bloqueos anestésicos. El estudio anatómico del nervio tibial sobre cadáver se ha llevado a cabo en un total de 20 piezas anatómicas. El estudio ecográfico del nervio tibial se ha realizado en un total de 100 sujetos para cada una de las localizaciones anatómicas sometidas a estudio. La muestra de los dos subgrupos a los que se les ha realizado el bloqueo anestésico, el subgrupo de bloqueo retromaleolar (BRM) y el subgrupo de bloqueo supramaleolar (BSM), ha sido homogénea. El número de bloqueos anestésicos realizados en pacientes programados para cirugía del pie, ha sido inferior al número de bloqueos anestésicos realizados en sujetos sanos, por la dificultad de obtener pacientes en los que únicamente fuera necesario llevar a cabo un bloqueo anestésico del nervio tibial, sin verse comprometidos otros nervios del pie. Sin embargo, el hecho de que la muestra de esta fase del estudio estuviese constituida por dos tipos de sujetos, sujetos sanos y pacientes programados para cirugía, ha permitido verificar la profundidad que ha alcanzado el bloqueo anestésico categorizado como bloqueo efectivo, entendiéndose ésta como la no necesidad de realizar un refuerzo anestésico intraquirúrgico por una analgesia insuficiente.

## **5.2.2. CRITERIOS EXPLORATORIOS EMPLEADOS**

### *CRITERIOS EXPLORATORIOS PARA EL ESTUDIO SOBRE CADÁVER*

Son numerosos los estudios anatómicos realizados sobre cadáver con el fin de establecer el patrón de bifurcación del nervio tibial, determinar el número y origen de las ramas calcáneas en la cara medial del calcáneo, y establecer los diferentes tipos de relación entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior a su paso por la región del tobillo.

La mayoría de estos estudios (14,15,49,52,54), han tomado como línea de referencia para llevar a cabo sus mediciones, la línea que pasa desde el centro del maléolo medial hasta el centro del calcáneo, y que constituye el llamado eje maléolo-calcáneo descrito por Dellon y Mackinon (49). Para estos autores, el retináculo flexor se extiende 2 cm a cada lado de dicho eje configurando el túnel tarsiano. Otros autores en cambio, han tomado como línea anatómica de referencia, la línea imaginaria horizontal que pasa por la punta del maléolo medial (17), la línea que une el borde inferior del maléolo medial y el borde superior de la tuberosidad calcánea posterior (16), las líneas que unen el borde inferior del maléolo medial y la porción superior y posterior de la tuberosidad calcánea por una parte, y la línea que une la tuberosidad navicular y la tuberosidad medial del calcáneo por otra parte (60), o bien el eje largo de la tibia a su paso por el maléolo medial, y el eje largo del pie (50).

En el presente estudio, se han tomado como líneas anatómicas de referencia para llevar a cabo las distintas mediciones, la línea imaginaria horizontal que pasa por el punto más prominente del maléolo medial, y la línea imaginaria horizontal que pasa por el borde medial de la cortical tibial, a 4 cm proximal respecto a la punta del maléolo medial. Estas líneas anatómicas de referencia han constituido el punto 0 a partir del cual se han realizado las distintas mediciones. La elección de estos puntos anatómicos de referencia se ha basado en diferentes criterios:

- En primer lugar, uno de los objetivos del presente estudio ha sido determinar la posición anatómica del nervio tibial y su relación con la arteria tibial posterior con el fin de describir dos técnicas anestésicas para el bloqueo del nervio tibial, una a nivel retromaleolar y otra a nivel supramaleolar.
- En segundo lugar, se trata de puntos óseos que se identifican fácilmente mediante palpación.
- En tercer lugar, la elección de estos puntos anatómicos de referencia ha venido condicionada por la exploración ecográfica del nervio tibial. La colocación del transductor sobre el punto más prominente del maléolo medial ha ofrecido una imagen ecográfica muy específica y fácil de identificar, que permite confirmar la posición correcta de la sonda. A nivel supramaleolar, la elección del punto

anatómico de referencia a 4 cm proximal se ha debido a que una posición de la sonda más proximal, proporcionaría una imagen ecográfica en la que resultaría difícil identificar la estructura correspondiente al tronco del nervio, por la presencia de mayor cantidad de tejido celular subcutáneo.

En total se han llevado a cabo 20 mediciones de distancia, 10 mediciones para el estudio del nervio tibial a nivel retromaleolar, y 10 mediciones para el estudio del mismo a nivel supramaleolar. Al igual que en otros estudios (16,17,50), se han establecido dos ejes anatómicos, un eje X de coordenadas transversales y un eje Y de coordenadas verticales. El primero de ellos, ha permitido determinar la distancia comprendida desde el punto óseo de referencia, hasta el centro del nervio tibial. El segundo eje, el eje Y, ha permitido determinar la distancia entre la línea de referencia LR<sub>1</sub> y LR<sub>2</sub>, y el punto anatómico de bifurcación del nervio tibial en sus ramas terminales. Todas las mediciones se han llevado a cabo con el pie en posición anatómica de tobillo con el fin de estandarizar los resultados obtenidos y minimizar posibles errores de cálculo (14,16,50,54,60,61). La posición del pie a 90° respecto a la tibia, también ha facilitado una correcta configuración del eje X en tanto en cuanto éste debía ser paralelo al borde inferior del pie. Al igual que en los estudios anatómicos más recientes (60,61), las mediciones de distancia se han realizado con un calibrador digital y no con una regla convencional (14), para obtener una precisión máxima en los resultados. Para no perder el paralelismo de las líneas de referencia, la medición con el calibrador se realizó sobre una regla convencional colocada en paralelo respecto al borde inferior del pie. Los puntos anatómicos de referencia fueron marcados en un primer momento con agujas 21G, para después señalizarse mediante puntos fijos de sutura.

La ausencia de guías consensuadas que establezcan las directrices para clasificar el tipo de relación anatómica entre las estructuras neurovasculares a nivel del tobillo, ha dificultado la posibilidad de contrastar la metodología y los resultados obtenidos con los de otros estudios. La única clasificación descrita hasta el momento para analizar el tipo de relación anatómica entre el nervio tibial y la arteria tibial

posterior, es la propuesta por Kim et al (16). Dicha clasificación se basa en la posición de la arteria tibial posterior respecto al nervio tibial, y describe hasta cuatro tipos de relación en función de si la arteria se localiza medial, anterior o lateral al nervio tibial, o si la arteria se sitúa entre el nervio plantar interno y el nervio plantar externo. En el presente estudio, se ha tomado como elemento anatómico de referencia, el nervio tibial. La disección sobre cadáver del nervio ha permitido identificar también hasta cuatro tipos de relación entre estas dos estructuras, en función de si el nervio se localiza posterior, anterior o lateral a la arteria, o si el nervio tibial aparece ya bifurcado a nivel de las líneas de referencia.

Para el análisis del tipo de patrón de bifurcación y el origen del nervio calcáneo medial, se ha utilizado por su sencillez, claridad y reproducibilidad, la clasificación descrita por Kim et al (17). Ello nos ha permitido contrastar nuestros resultados con otros publicados con anterioridad.

### CRITERIOS EXPLORATORIOS PARA EL ESTUDIO ECOGRÁFICO

La exploración ecográfica del nervio tibial se ha realizado con un ecógrafo Vinno5® y un transductor lineal de alta frecuencia que ha garantizado una penetración del haz de ultrasonidos hasta 3 cm por debajo de la piel, profundidad suficiente para realizar la exploración del nervio tibial tanto a nivel retromaleolar como a nivel supramaleolar.

Al igual que en el estudio anatómico realizado sobre cadáver, todas las mediciones se han llevado a cabo con el pie del sujeto a 90° respecto a la tibia utilizando para ello un goniómetro. Esta posición ha permitido verificar en primer lugar, la correcta colocación del transductor durante las exploraciones, que debía quedar en posición paralela respecto al borde inferior del pie; en segundo lugar, estandarizar los resultados obtenidos durante la exploración ecográfica y, en tercer lugar, contrastar estos resultados con los registrados durante el estudio anatómico sobre cadáver.

Con este último fin, las mediciones de distancia realizadas durante el estudio ecográfico se han llevado a cabo a partir de los mismos ejes de coordenadas establecidos para el estudio anatómico sobre cadáver. En el caso del eje X o eje de

coordenadas transversal, se ha extrapolado en línea recta, el punto óseo de referencia (punto más prominente del maléolo medial y borde cortical medial de la tibia) y el centro del nervio tibial, hasta la superficie cutánea una vez capturada la imagen ecográfica. En el caso del eje Y o eje de coordenadas vertical, se ha extrapolado en línea recta hasta la superficie cutánea, el punto medio del borde superior del perímetro del nervio tibial.

También con el fin de poder contrastar los resultados obtenidos con los registrados durante el estudio sobre cadáver, se utilizó la misma clasificación del tipo de relación anatómica entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior que la empleada durante la disección anatómica del nervio tibial. En este caso, la delimitación del perímetro del nervio tibial una vez capturada la imagen ecográfica del paquete vasculonervioso, permitió determinar si el nervio tibial se localizó en una posición anterior, posterior o lateral respecto a la arteria tibial posterior, o si el nervio tibial aparecía ya bifurcado.

Durante las exploraciones, se realizó una presión suave y constante de la sonda contra la superficie cutánea del sujeto para no generar variaciones en el cálculo de la profundidad del nervio. Sin embargo, hay que señalar que las características anatómicas particulares de la región del tobillo pueden dificultar la obtención de una imagen ecográfica de calidad. El área de superficie limitada de la región del tobillo y las prominencias óseas correspondientes a los maléolos, hacen que en ocasiones pueda aparecer un artefacto de aire durante las exploraciones. Para evitar este artefacto, se puede recurrir a la utilización de un transductor lineal de alta frecuencia con una superficie más pequeña (62). No obstante, el campo de la imagen ecográfica también es más reducido. Algunos autores han descrito el uso de un transductor curvilíneo de baja frecuencia (5 MHz) para facilitar el contacto de la sonda sobre la superficie cutánea (63). Sin embargo, la resolución de la imagen se reduce en gran medida con este tipo de transductor (62).

La frecuencia del haz de ultrasonidos utilizada durante la exploración ecográfica a nivel retromaleolar y a nivel supramaleolar, fue de 10 MHz y 8 MHz, respectivamente, debido a una mayor profundidad del nervio tibial a nivel supramaleolar. En todos los casos se utilizó el modo Brillo (*BMode*) para mejorar la resolución de la imagen ecográfica del nervio tibial y se inclinó ligeramente el transductor para que el haz incidiera de forma perpendicular sobre el nervio. También se realizó en todos los casos, una flexión plantar del hallux con el fin de no confundir la estructura ecográfica del tendón flexor largo del hallux con la estructura correspondiente al nervio tibial (64). Durante el movimiento de flexión, el tendón sufre un desplazamiento mientras que el nervio permanece inmóvil. Una vez confirmada la identificación correcta del nervio tibial, se procedió a capturar la imagen ecográfica con la articulación metatarsofalángica en posición neutra.

#### CRITERIOS EXPLORATORIOS PARA EL ESTUDIO IN VIVO

Para el análisis de la eficacia *in vivo* del bloqueo del nervio tibial descrito a nivel retromaleolar y a nivel supramaleolar, se ha administrado un volumen total de 3 ml de mepivacaína 20 mg/ml sin vasoconstrictor (Scandinibsa®). Este anestésico local de tipo amida se caracteriza por presentar un comienzo de acción rápido, y una duración (120-180 minutos) y toxicidad relativa intermedia (concentraciones de 2-6 µm/ml de fármaco total en sangre) (42). Al igual que la lidocaína, anestésico local utilizado en el ámbito podológico, sus propiedades fisicoquímicas y farmacológicas garantizan una óptima seguridad clínica del paciente durante su manejo anestésico. Su capacidad vasodilatadora, menor que la de la lidocaína, supone un inicio de acción más lento, pero también una eliminación más prolongada de las moléculas del fármaco desde el lugar de inyección y, por tanto, una mayor potencia y duración anestésica, además de una menor probabilidad de absorción sistémica. Estas propiedades, junto con el hecho de que la duración del efecto anestésico proporcionado por la mepivacaína garantiza una analgesia suficiente para llevar a cabo los procedimientos quirúrgicos del pie, han determinado la elección de la mepivacaína como anestésico local de elección para llevar a cabo los bloqueos anestésicos. En todos los casos, y a diferencia de algunos estudios (27), la mepivacaína se ha administrado sin un

vasoconstrictor asociado para no comprometer la vascularización en la zona, ya que es considerada una zona acra.

La concentración de anestésico local empleada durante los bloqueos del nervio tibial, 20 mg/ml, se debe en primer lugar, a que es la concentración más utilizada por los profesionales de la podología para llevar a cabo los bloqueos anestésicos del pie (56). En segundo lugar, a que cuanto mayor es la concentración inicial de anestésico local, más rápida es la difusión de sus moléculas a través de la membrana plasmática y, por tanto, más rápido es su inicio de acción (38).

Sin embargo, el bloqueo de la conducción de las fibras nerviosas de un nervio periférico no solo requiere del depósito de una concentración suficiente de anestésico local, sino también de un volumen adecuado de este fármaco. En este sentido, el volumen de anestésico local a administrar para el bloqueo del nervio tibial sufre importantes variaciones entre los diferentes estudios publicados. Concepción, en su estudio, determina un volumen necesario de 5 ml para el bloqueo del nervio tibial mediante abordaje clásico retrotibial (22), mientras que Kay describe un volumen de 5-10 ml (20). Monkowski y Colgrove, por su parte, determinan un volumen necesario de 7 y 10 ml, respectivamente (24,28). Larrabure administra 10 ml de anestésico local para el bloqueo supramaleolar del nervio tibial (58), mientras que Hromádka determina un volumen necesario de 15 ml para la técnica de bloqueo de tobillo descrita a partir de dos punciones (19). Frente a esta modalidad de bloqueo del nervio tibial basada en un bloqueo por “volumen”, otros autores determinan un volumen similar al administrado en nuestro estudio, de 3-5 ml de anestésico local para llevar a cabo el bloqueo del nervio tibial (25-27,56).

Otro aspecto importante a tener en cuenta es el calibre de la aguja con la que se realizan los bloqueos anestésicos. Éste determina la capacidad de la aguja para aspirar sangre, y la capacidad de la aguja para sufrir una desviación a lo largo de su trayecto a través de partes blandas. En la mayoría de los estudios publicados, se utiliza una aguja de calibre 22-25G para llevar a cabo el bloqueo del nervio tibial (22,24,25,27,28). En nuestro caso, la aguja 23G utilizada para llevar a cabo la administración del anestésico local ha permitido, por su calibre, reducir el riesgo de falsas aspiraciones negativas, ya

que la aspiración de sangre es más fácil y más fiable a través de una luz de mayor calibre. Este hecho adquiere especial importancia en el caso del bloqueo del nervio tibial, nervio que discurre al lado de la arteria tibial posterior, la arteria de mayor calibre a su paso por la región del tobillo. Asimismo, el calibre de aguja utilizado ha favorecido que la aguja sufra una menor desviación a su paso por los tejidos blandos, ofreciendo una mayor precisión en la inserción de la aguja, que sigue una trayectoria más recta (33). Este aspecto es importante en el caso del nervio tibial, el bloqueo del cual requiere insertar la aguja a cierta profundidad, especialmente en el caso de la técnica supramaleolar. Por su parte, la jeringa convencional de 5 ml de capacidad ha sido suficiente para cargar el volumen total de anestésico local administrado, además de ofrecer menor resistencia al deslizamiento del émbolo durante la inyección del fármaco que la que ofrecería una jeringa de mayor tamaño.

La posición del sujeto durante la realización del bloqueo anestésico ha sido la misma que la utilizada durante el estudio ecográfico del nervio tibial: sujeto en posición de decúbito supino sobre la camilla del quirófano, con flexión de rodilla y rotación externa de cadera hasta contactar con el borde externo del pie sobre la camilla. Al igual que en el estudio anatómico realizado sobre cadáver y en la exploración ecográfica, los bloqueos anestésicos se han llevado a cabo con el pie del sujeto a 90° respecto a la tibia, utilizando para ello un goniómetro. En todos los casos, se ha calculado el punto de punción (distancia desde el punto óseo de referencia) con un calibrador digital siguiendo para ello el eje de coordenadas  $XLR_1$  y  $XLR_2$  definido durante la fase observacional del estudio. Reproducir la misma posición del sujeto que la utilizada durante la exploración ecográfica del nervio, y basarse en los mismos ejes anatómicos de referencia, ha facilitado la localización de las coordenadas diana de punción para llevar a cabo las dos técnicas anestésicas.

La localización de las coordenadas diana de punción se ha basado fundamentalmente en los resultados obtenidos durante el estudio ecográfico del nervio tibial. Esto se debe a que el estudio ecográfico ha permitido visualizar y analizar *in vivo*, la posición del nervio tibial sin manipulación del paquete vasculonervioso. Por tanto, los resultados obtenidos están sometidos a una menor probabilidad de variación

respecto a la posición original del nervio, que los obtenidos durante la disección anatómica sobre cadáver.

La comprobación del bloqueo de los dos tipos de sensibilidades (sensibilidad térmica y dolorosa), se ha realizado cada 5 minutos. En el estudio realizado por Doty et al, la extensión del bloqueo sensitivo se comprobó cada 2 minutos durante los primeros 10 minutos, y cada 5 min hasta alcanzar los 45 minutos desde la inyección del anestésico local (59). Redborg en cambio, realizó la comprobación cada 10 minutos hasta alcanzar los 60 minutos desde la realización del bloqueo (64). En nuestro caso, un intervalo de tiempo de comprobación más reducido, hubiera permitido determinar con mayor precisión el tiempo transcurrido desde el depósito del anestésico local hasta la adquisición del bloqueo (tiempo de latencia absoluta). Sin embargo, el dolor generado durante los test *pin-prick*, y la sensación que percibe el paciente de dificultad para que el pie se anestesie correctamente, hubiesen podido incrementar su estado de nerviosismo intraoperatorio.

Por lo que respecta al tiempo máximo de comprobación de la extensión del bloqueo, en el presente estudio se estipuló, al igual que en otros estudios (19), un tiempo máximo de 30 minutos desde la inyección del anestésico local debido a que la mepivacaína presenta un inicio de acción rápido. Sin embargo, un tiempo superior a éste hubiese podido mejorar la difusión del anestésico local y la tasa de éxito alcanzada para las dos técnicas anestésicas descritas, especialmente en el caso de la técnica supramaleolar, aunque también hubiese retrasado sobremanera todo el procedimiento quirúrgico. Al igual que en otros estudios, la comprobación de la pérdida de ambas sensibilidades se realizó en el territorio de las tres ramas terminales (C1, C2, C3) del nervio tibial (59,64).

Con el fin de determinar el patrón y la velocidad de difusión del anestésico local, se realizó un registro del tiempo de latencia absoluta (TLA) en cada uno de los tres cuadrantes en los que se dividió el dermatoma del nervio tibial. El tiempo de latencia absoluta total (TLAt) quedó determinado por el valor más alto del tiempo de latencia absoluta registrado en los tres cuadrantes. Éste sólo se determinó cuando se alcanzó un bloqueo efectivo, al igual que en el caso de la variable duración del bloqueo anestésico.

El registro del tiempo de latencia relativa ha constituido un parámetro más subjetivo en tanto en cuanto éste ha dependido de las sensaciones percibidas por el paciente. Para minimizar esta subjetividad, se explicó a todos los sujetos de la muestra las sensaciones que podían percibir cuando el bloqueo anestésico empezara a instaurarse.

Determinar la extensión del bloqueo anestésico ha permitido categorizar tres tipos de bloqueos alcanzados: bloqueo efectivo, bloqueo incompleto o parcheado, y bloqueo fallido. Esto a su vez, ha permitido determinar la tasa de éxito de la técnica anestésica. En nuestro caso, al igual que en otros estudios (59,64), se ha considerado que un bloqueo del nervio tibial es efectivo cuando se ha alcanzado un bloqueo de la sensibilidad dolorosa y térmica en los cuadrantes correspondientes a las tres ramas del nervio tibial (nervio plantar interno, nervio plantar externo y nervio calcáneo). Otros autores en cambio, han considerado que un bloqueo anestésico del nervio tibial es efectivo cuando no ha sido necesario realizar un refuerzo anestésico intraquirúrgico (27,65). Sin embargo, según esta última definición de bloqueo efectivo, puede darse el caso de que el bloqueo de la sensibilidad térmica y dolorosa no se haya alcanzado en algún cuadrante, y ello no comprometa el desarrollo de la intervención quirúrgica por la extensión de la misma.

En el caso de pacientes programados para cirugía del pie en los que se obtuvo un bloqueo incompleto o fallido del nervio tibial, se procedió a realizar, previamente al inicio de la cirugía, un segundo bloqueo por volumen del nervio tibial mediante técnica por infiltración a nivel distal (59).

La puntuación del grado de dolor percibido por el paciente durante el acto anestésico, se realizó en base a una escala visual analógica (EVA) de dolor, una vez finalizado el procedimiento anestésico. La escala EVA se caracteriza por presentar una alta sensibilidad y validez de medición comparada con otras escalas, debido a que es capaz de evaluar intensidades desde leve hasta severa con mayor precisión (66-69). Asimismo, es fácil de usar, elimina terminología imprecisa, no depende del lenguaje y se puede determinar rápidamente el nivel de dolor según el paciente (66,69). Para fines de investigación, tiene la gran ventaja sobre otras escalas de que los resultados de la escala EVA pueden tomarse como de distribución normal (69-72).

### 5.2.3. CALIBRACIÓN Y CONDICIONES EXPLORATORIAS

Para llevar a cabo un estudio de investigación en condiciones apropiadas, es muy importante que los exploradores sigan un adecuado entrenamiento y una apropiada calibración para asegurar que los resultados finales obtenidos sean adecuados y comparables a los de otros estudios. En este caso, los coeficientes de correlación intraclase obtenidos a partir de las mediciones llevadas a cabo por los dos observadores durante el transcurso del estudio del nervio tibial sobre cadáver, aseguran la correcta medición de las variables de distancia analizadas. Estos coeficientes de correlación intraclase están recogidos en el apartado de resultados. Los coeficientes de correlación intraclase y el valor Kappa obtenidos a partir de los datos registrados durante la sesión ecográfica de calibración en 20 sujetos, también aseguran la correcta identificación de la estructura correspondiente al nervio tibial.

Tanto el estudio ecográfico del nervio tibial como la realización de los bloqueos anestésicos, se han llevado a cabo en un ámbito clínico totalmente reproducible. Concretamente, se han realizado con el paciente en decúbito supino sobre una camilla de exploración. La posición de decúbito supino garantiza una relajación de la musculatura extrínseca del miembro inferior. Además, a diferencia de las prestaciones que ofrece el sillón podológico, la camilla de exploración permite una rotación externa de cadera y una flexión de rodilla apropiada para que el borde externo del pie pueda contactar con la superficie de la camilla, sin comprometer ni la comodidad del paciente, ni la correcta accesibilidad del explorador a la cara interna del pie y tobillo.

### **5.3. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

#### **5.3.1. RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DEL ESTUDIO ANATÓMICO DEL NERVIOS TIBIAL SOBRE CADÁVER**

El objetivo principal de esta primera fase del estudio fue establecer el rango de variación del punto de bifurcación del nervio tibial. Algunos autores afirman que el punto de bifurcación del nervio tibial en nervio plantar interno y nervio plantar externo varía relativamente poco entre especímenes, encontrándose eso sí, una gran variación respecto al punto de bifurcación de la rama calcánea (15). De hecho, el punto de bifurcación puede variar considerablemente, dificultando este hecho sobremanera, la obtención de bloqueos anestésicos efectivos del nervio tibial.

Son muchos los estudios que toman como línea de referencia el eje maléolo medial-calcáneo para llevar a cabo el estudio del patrón de bifurcación del nervio, considerando que el retináculo flexor se extiende 2 cm alrededor de este eje y configura el túnel tarsiano (15,49,51-54). Frente a estos estudios, otros toman como referencia puntos anatómicos diferentes para establecer la línea de referencia a partir de la cual llevar a cabo las mediciones (16,50). Esta diversidad supone una dificultad añadida para poder comparar el patrón de bifurcación entre las líneas de referencia de los diferentes estudios, así como para poder establecer el rango de variación del punto de bifurcación del nervio tibial.

#### **LOCALIZACIÓN ANATÓMICA DE LA BIFURCACIÓN DEL NERVIOS TIBIAL**

La mayoría de los estudios que toman como referencia el eje maléolo medial-calcáneo, apuntan que el nervio se bifurca, en un gran número de casos, a nivel del túnel tarsiano (tabla 38). Horwitz, en un estudio realizado en 100 cadáveres, describe que el punto de bifurcación del nervio tibial en nervio plantar interno y nervio plantar externo ocurre en el 96% de los casos dentro del túnel tarsiano, concretamente a 1.3 cm por encima y por detrás de la punta del maléolo medial, y que en el 4% de los sujetos, la rama calcánea se origina proximal al túnel tarsiano (53). Dellon y Mackinnon, describen una bifurcación proximal del nervio tibial en el 6% de los especímenes, localizándose el punto de bifurcación más proximal a 5 cm del eje maléolo-calcáneo

(49). Unos resultados muy similares son los obtenidos por Havel et al., y por Davis and Schon. El primero reporta que en un 93% de los casos, el nervio tibial se bifurca en nervio plantar interno y nervio plantar externo en el interior del túnel tarsiano, mientras que en un 7% de los casos la bifurcación del nervio ocurre proximal al túnel (54). Davis and Schon describen una bifurcación proximal del NT hasta en un 10% de los casos (51). Andreasen Struijk et al., reportan una bifurcación del nervio tibial dentro del túnel tarsiano en el 80% de los casos. En un 10% de los casos, el nervio tibial se bifurcó 24 mm proximal al túnel, y en el 10% restante, el punto de bifurcación se localizó a 27 mm distal al túnel tarsiano (15). Louisia y Masquelet describen hasta un 26% de casos de bifurcación proximal al túnel tarsiano (52).

Kim et al., por su parte, toman como referencia la línea que une el borde inferior del maléolo medial y el borde superior de la tuberosidad calcánea posterior, y describen una bifurcación del nervio tibial en nervio plantar interno y nervio plantar externo distal a la línea en el 82.2% de los casos, a una distancia media de 0.5 cm de la línea de referencia. En el 26.7% de los casos, se observó una bifurcación proximal, localizándose el punto de bifurcación más proximal a 5 cm de la línea (16).

En comparación con estos resultados, Bareither et al. afirman que el punto de bifurcación del nervio tibial puede extenderse desde 2.8 cm distal al borde inferior del maléolo medial, hasta 14.3 cm proximal al maléolo. Concretamente, describen una bifurcación proximal al borde inferior del maléolo medial en el 53.2% de los casos. La mayoría de las bifurcaciones proximales (36%) se localizaron entre 1 cm y 3.9 cm respecto al borde inferior del maléolo medial (50).

En el presente estudio, se ha observado una bifurcación del nervio tibial proximal al punto más prominente del maléolo medial en el 35% de los casos. En 6 ocasiones, ha sido la rama calcánea medial la que se ha bifurcado proximal a LR<sub>1</sub>, a una distancia media de 2.45 cm. En una ocasión, la rama calcánea inferior se ha bifurcado a 1.5 mm proximal a LR<sub>1</sub>. Por el contrario, únicamente se ha reportado una bifurcación del nervio tibial proximal a LR<sub>2</sub> en el 10% de los casos. En las dos ocasiones, la rama calcánea medial ha tenido un origen proximal, concretamente a una distancia media de 3.1 cm respecto a LR<sub>2</sub>. La bifurcación del nervio tibial en nervio

plantar interno y en nervio plantar externo se ha observado, por tanto, siempre distal al punto más prominente del maléolo medial, localizándose entre 2-2.5 cm distal a la línea de referencia a nivel retromaleolar, y entre 5.5-6 cm distal a la línea de referencia a nivel supramaleolar.

**Tabla 38** Tabla resumen del tipo de patrón de bifurcación del nervio tibial por autores

Autor (año)	Especímenes (N)	Bifurcación en el TT (%)	Bifurcación distal LR (%)	Bifurcación proximal LR (%)
Horwitz <sup>a</sup> (1938)	100	96	0	4
Dellon y Mackinon <sup>a</sup> (1984)	31	94	0	6
Havel et al. <sup>a</sup> (1988)	68	93	0	7
Bareither et al. <sup>c</sup> (1990)	126	-	46.8	53.2
Davis y Schon <sup>a</sup> (1995)	20	90	0	10
Louisia y Masquelet <sup>a</sup> (1999)	15	73	0	26
Andreasen Struijk et al. <sup>a</sup> (2010)	10	80	10	10
Kim et al. <sup>b</sup> (2015)	90	-	82.2	26.7
Presente estudio, Benimeli <sup>d</sup> (2018)	20	-	65	35
Presente estudio, Benimeli <sup>e</sup> (2018)	20	-	90	10

TT= Túnel tarsiano

LR=línea de referencia

a. LR: eje maléolo medial-calcáneo. Los resultados se expresan como  $\pm 2$  cm respecto a este eje.

b. LR: comprendida entre el borde inferior del maléolo medial y el borde superior y posterior de la tuberosidad calcánea.

c. LR: eje longitudinal del pie a nivel del borde inferior del maléolo medial

d. LR: línea horizontal a partir del punto más prominente del maléolo medial.

e. LR: línea horizontal a 4 cm proximal del borde inferior del maléolo medial.

## **ORIGEN Y NÚMERO DE RAMAS TERMINALES DEL NERVIIO CALCÁNEO MEDIAL**

El origen y el número de ramas terminales del nervio calcáneo medial, también varía mucho entre especímenes, según diferentes autores (tabla 39). En el presente estudio, se ha observado una presencia de la rama calcánea medial en todas las piezas anatómicas, resultados que concuerdan con los obtenidos en otros estudios (14,17).

Dellon y Mackinon afirman que el nervio plantar interno y el nervio plantar externo se originan en el túnel tarsiano a partir del nervio tibial, pero la rama calcánea medial puede originarse tanto dentro del túnel tarsiano como en una localización más proximal a éste. Concretamente, describen un origen proximal al túnel tarsiano en el 41% de los casos, pudiendo tener la rama calcánea medial un origen tanto a partir del nervio tibial como a partir del nervio plantar externo (49). Ghosh, en un estudio llevado a cabo en 120 especímenes, reporta que el nervio plantar interno, el nervio plantar externo y el nervio calcáneo medial se originan en el 100% de los casos dentro del túnel tarsiano. Sin embargo, solamente ha observado la clásica trifurcación del nervio tibial en el 73.3% de los casos. En el 26.7% restante, la rama calcánea medial no se origina a partir del nervio tibial, sino a partir del nervio plantar externo (61). Govsa et al. describen que la rama calcánea medial tiene más de un origen en el 62% de los casos (14). Otros autores describen que en el 100% de los casos, la rama calcánea medial se origina proximal a la bifurcación del nervio tibial, del nervio plantar interno y del nervio plantar externo. Sin embargo, cuando hay más de una rama, el origen de ésta puede ser tanto a partir del nervio plantar externo como a partir del nervio plantar interno (60). Otros estudios también describen un posible origen de la rama calcánea medial a partir del nervio plantar interno (15,51,54). Havel describe hasta 9 patrones diferentes de bifurcación para la rama calcánea medial, siendo el patrón más frecuente el de una única rama que se origina a partir del nervio tibial (54).

En el presente estudio, la primera rama calcánea medial se ha originado a partir del nervio tibial en el 95% de los casos. El 5% restante, ha tenido un origen a partir del nervio plantar externo. En el caso de la segunda rama calcánea medial, ésta se ha originado proximal a la bifurcación del nervio tibial, en el 50% de los especímenes donde se ha identificado esta rama nerviosa. Se ha observado un origen de la tercera rama calcánea a partir del nervio tibial y del nervio plantar externo en el mismo número de casos (5%). En total se han identificado 36 ramas calcáneas mediales durante la disección de los 20 especímenes. En el 83% de estos casos, la rama calcánea medial se ha originado proximal a la bifurcación del nervio tibial (tipo I), mientras que en un 17% de las ocasiones se ha observado un origen de la rama calcánea medial a partir del nervio plantar externo (tipo III). En ningún caso se ha observado que las tres ramas terminales del nervio tibial se originen a partir del mismo punto de bifurcación (tipo II). Tampoco se ha observado un origen de la rama calcánea medial a partir del nervio plantar interno.

**Tabla 39** Tabla resumen del número de ramas terminales y origen de la rama calcánea medial por autores

Autor (año)	Spm (N)	Ramas		Origen: localización			Origen: nervio			
		Una (%)	Múlt. (%)	TT sólo (%)	P sólo (%)	Ambos (%)	NT (%)	NPE (%)	NPI (%)	Múlt. (%)
Dellon y Mackinnon (1984)	31	75	25	35	41	25	87	13	0	0
Havel et al (1988)	68	79	21	56	37	7	78	29	6	0
Davis y Schon (1995)	20	40	60	30	35	35	95	10	15	0
Govsa et al. (2006)	25	38	62	-	-	-	22	14	0	62
Andreasen Struijk et al (2009)	10	50	50	40	30	30	100	0	10	0
Gosh et al. (2013)	120	-	-	100	0	0	73.3	26.7	0	0
Kim et al. (2015)	11	-	-	-	-	-	64	27	0	9
Presente estudio, Benimeli (2018)	20	30	70	-	-	-	83	17	0	0

Spm= Especímen

Múlt.= Múltiple

TT= Túnel tarsiano

P=Proximal

NT= Nervio Tibial

NPE= Nervio Plantar Externo

NPI= Nervio Plantar Interno

Estos resultados difieren de los obtenidos por Kim et al (17). Estos autores describen un patrón de bifurcación tipo I en el 64% de los casos, un patrón tipo II en un único caso (9%), y un patrón de bifurcación tipo III en el 27% de los casos. En este último patrón de bifurcación, el nervio plantar externo también constituye el punto de origen para la rama calcánea medial en todos los casos. Otros estudios también describen un origen de la rama calcánea medial a partir del mismo punto de bifurcación del nervio tibial en nervio plantar interno y externo (73). Otros autores, por su parte, describen un origen simultáneo de la rama calcánea medial a partir del nervio tibial y del nervio plantar externo en el 56.6% de los casos (16).

El número de ramas terminales del nervio calcáneo medial también varía mucho entre los diferentes estudios. Hay autores que describen un máximo de dos ramas terminales del nervio calcáneo medial (15,49,73), frente a otros que describen hasta cuatro (14,52) y cinco ramas terminales (16). En el presente estudio se ha observado hasta un máximo de tres ramas terminales del nervio calcáneo medial, resultados que concuerdan con los obtenidos por Gamie et al (60).

Respecto al punto de bifurcación del nervio calcáneo medial, son dos los estudios que describen un origen del mismo desde 10 cm por arriba del eje maléolo medial-calcáneo, hasta 4 cm pasado este punto, con una distancia media de 1.58 cm por encima de la línea de referencia (14,52). Otros autores localizan el punto de bifurcación del nervio calcáneo medial desde 8.2 cm proximal al borde inferior del maléolo medial, hasta 1.3 cm distal a este punto (73). Kim et al. identifican el origen de la rama calcánea medial a 0.2 cm (rango, -1 a 3 cm) proximal al borde inferior del maléolo medial (17). En nuestro estudio, se han obtenido unos resultados muy similares a los descritos por Govsa y Louisia. Se ha identificado una bifurcación de la rama calcánea medial proximal al punto más prominente del maléolo medial en seis ocasiones, localizándose el punto medio de origen a 2.4 cm de la línea de referencia LR<sub>1</sub>. El punto de origen más proximal se ha localizado a 9.1 cm. A nivel supramaleolar, el punto de bifurcación más proximal de la rama calcánea medial se ha localizado a 5 cm de la línea de referencia LR<sub>2</sub>. Únicamente se ha observado a nivel

supramaleolar, una bifurcación proximal de la rama calcánea medial en dos especímenes, con una distancia media respecto a LR<sub>2</sub> de 3.1 cm.

### **ORIGEN Y NÚMERO DE RAMAS TERMINALES DEL NERVIJO CALÁNEO INFERIOR**

El nervio calcáneo inferior también se ha identificado en todas las piezas anatómicas diseccionadas, resultados que concuerdan con los obtenidos en otros estudios (14,17). Concretamente, se han diseccionado un total de 23 ramas calcáneas inferiores, 20 RCI<sub>1</sub> y 3 RCI<sub>2</sub>. A diferencia de otras publicaciones (14,52), el nervio calcáneo inferior no siempre se ha originado distal al nervio calcáneo medial.

De estas 23 ramas calcáneas inferiores, el 21.7% se ha originado a partir del nervio tibial, mientras que el 78.3% ha tenido un origen a partir del nervio plantar externo (tabla 40). Estos resultados difieren un poco de los obtenidos por otros estudios que describen, en todos los casos, un origen de la rama calcánea inferior a partir del nervio plantar externo (17,61). Sin embargo, Lousia reporta un caso en el que el origen de la rama calcánea inferior fue a partir de la rama calcánea medial (52). Govsa, por su parte, afirma que la rama calcánea inferior se puede originar a partir del nervio tibial, a partir del nervio plantar externo e incluso a partir de un tronco común al nervio plantar externo y a la rama calcánea medial (14).

En el presente estudio se han identificado hasta un máximo de dos ramas calcáneas inferiores en un mismo espécimen. No existen datos con los que poder contrastar estos resultados.

Lousia y Govsa, identifican el punto de bifurcación de la rama calcánea inferior a 1.74 cm por debajo del eje maléolo medial-calcáneo (14,52). Kim localiza el punto medio de bifurcación a 2.5 cm distal del borde inferior del maléolo medial (17). En nuestro caso, se ha observado un caso de bifurcación proximal de la rama calcánea inferior a nivel retromaleolar, y ningún caso a nivel supramaleolar. El punto medio de bifurcación a nivel proximal se ha localizado a 0.14 cm de la línea de referencia LR<sub>1</sub>, mientras que el punto medio de bifurcación a nivel distal de LR<sub>1</sub> se ha localizado a

3.2 cm, distancia relativamente superior a la referida por los otros estudios. A nivel supramaleolar, el punto medio de bifurcación para la rama calcánea inferior ha quedado mucho más alejado de la línea LR<sub>2</sub>, concretamente a 6.3 cm de distancia.

**Tabla 40** Tabla resumen del origen del nervio calcáneo inferior y número de ramas terminales por autores

Autor (año)	Especímen (N)	Ramas NCI (%)		Origen: nervio (%)			
		1	Múltiple	NT	NPE	RCM	Múltiple
Louisia y Masquelet (1999)	15	-	-	93.3	0	6.7	0
Govsa et al. (2005)	25	-	-	82	4	0	4
Gosh et al. (2013)	120	-	-	0	100	0	0
Kim et al. (2015)	11	-	-	0	100	0	0
Presente estudio, Benimeli (2018)	20	85	15	21.7	78.3	0	0

### **TIPO DE RELACIÓN ANATÓMICA ENTRE EL NERVIIO TIBIAL Y LA ARTERIA TIBIAL POSTERIOR**

Los estudios que analizan la relación anatómica entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior dentro del paquete vasculonervioso, son muy escasos. Únicamente hay un estudio previo que analiza el tipo de relación entre estas dos estructuras a nivel retromaleolar. Este estudio tomo como elemento anatómico de referencia a partir del cual se establece el tipo de relación, a la arteria tibial posterior. El tipo de relación más observada en dicho estudio es aquella en la que la arteria tibial posterior se encuentra en una posición medial respecto al nervio tibial (55.6%) (16). En nuestro caso, el nervio tibial únicamente se ha localizado en una posición lateral respecto a la arteria (tipo III) en un 5% de los casos a nivel retromaleolar, y en un 15% de los casos a nivel supramaleolar. En cambio, el tipo de relación observada con mayor prevalencia en el presente estudio, ha sido aquella en la que el nervio se ha localizado posterior a la arteria (tipo I), tanto a nivel retromaleolar (85%) como a nivel supramaleolar (80%). Asimismo, el número de casos en los que el nervio tibial aparece bifurcado, es mucho inferior en nuestro estudio, un 5% a nivel retromaleolar, frente a

un 17.8% reportado en el estudio de Kim et al. No se ha observado en ningún caso este tipo de relación a nivel supramaleolar. Ambos estudios corroboran que la arteria tibial posterior se va posicionando en una posición más anterior respecto al nervio tibial, conforme se va haciendo más distal.

Por todo lo expuesto hasta el momento, podemos afirmar que existe una gran variabilidad anatómica del punto de bifurcación del nervio tibial en sus ramas terminales, especialmente en lo que concierne al origen y al número de ramas del nervio calcáneo. Ello justifica aún más la necesidad de describir una zona de punción que garantice al máximo la eficacia anestésica de los bloqueos. Los procedimientos anestésicos realizados para someter a un paciente a una intervención quirúrgica, no son hoy en día un tema baladí dentro del campo de la podología. La experiencia clínica que tenga el paciente durante el proceso anestésico del pie condicionará tanto su nivel de confianza y de estrés durante el procedimiento quirúrgico, como su predisposición a someterse a futuras intervenciones quirúrgicas. En este sentido, el porcentaje mayor de bifurcación proximal del nervio calcáneo observado a nivel retromaleolar, debería haber conllevado de manera implícita, una mayor garantía de éxito anestésico en el caso del bloqueo supramaleolar sometido a estudio.

### **5.3.2.RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DEL ESTUDIO ECOGRÁFICO DEL NERVIO TIBIAL**

El éxito de un bloqueo anestésico regional depende en gran medida del conocimiento anatómico que se tenga de la localización exacta del nervio y de su distribución sensorial.

Estudios previos remarcan la existencia de variantes anatómicas en la trayectoria y distribución de los nervios del pie que pueden dar lugar a la presencia de bloqueos anestésicos incompletos.

Conocer la distribución de los recorridos nerviosos podría ayudar, por tanto, a localizar los nervios del pie con mayor precisión y a reducir el número de bloqueos anestésicos incompletos. Por este motivo, el punto exacto de punción descrito por las técnicas convencionales de anestesia locorregional debería basarse en el conocimiento

de la posición exacta del nervio que se vaya a bloquear, y esta posición a su vez, debería haberse establecido previamente a partir de puntos óseos o de partes blandas fáciles de identificar (74).

Tal y como hemos apuntado anteriormente, son numerosos los estudios que han descrito la posición anatómica del nervio tibial basándose para ello en un proceso de disección sobre cadáver. En nuestro caso, la disección del nervio tibial en especímenes ha permitido determinar la distancia existente desde el punto óseo de referencia hasta el centro de las estructuras neurovasculares. Pero principalmente, ha permitido establecer la localización anatómica del punto de bifurcación del nervio tibial en sus ramas terminales.

Sin embargo, la disección que se realiza de la piel y de la fascia profunda previa a la exposición del paquete vasculonervioso, habría dificultado sobremanera el cálculo de la profundidad a la que se encuentra el nervio tibial respecto a la superficie cutánea. Dato importante para poder establecer la profundidad a la que se debe introducir la aguja.

A ello se le suma otro inconveniente del estudio anatómico sobre cadáver, y es el hecho de que los tejidos de los especímenes diseccionados presentan mayor distensión (laxitud), a pesar de ser cadáveres frescos, que los tejidos de un sujeto vivo. Además, la disección del paquete vasculonervioso y de las ramas terminales del nervio, a pesar de realizarse con sumo cuidado, conlleva una manipulación de los tejidos y, por tanto, una mayor probabilidad de que el nervio pueda perder su posición original.

Todas estas circunstancias no sólo ponen de manifiesto la importancia de haber llevado a cabo un estudio observacional del nervio tibial basado tanto, en un estudio anatómico sobre cadáver, como en un estudio ecográfico del nervio. Sin embargo, la exploración ecográfica de los nervios periféricos no está exenta de dificultades. Requiere que el explorador comprenda la anatomía y correlacione las estructuras neurales con los tejidos circundantes para poder identificar los nervios individuales con facilidad (75).

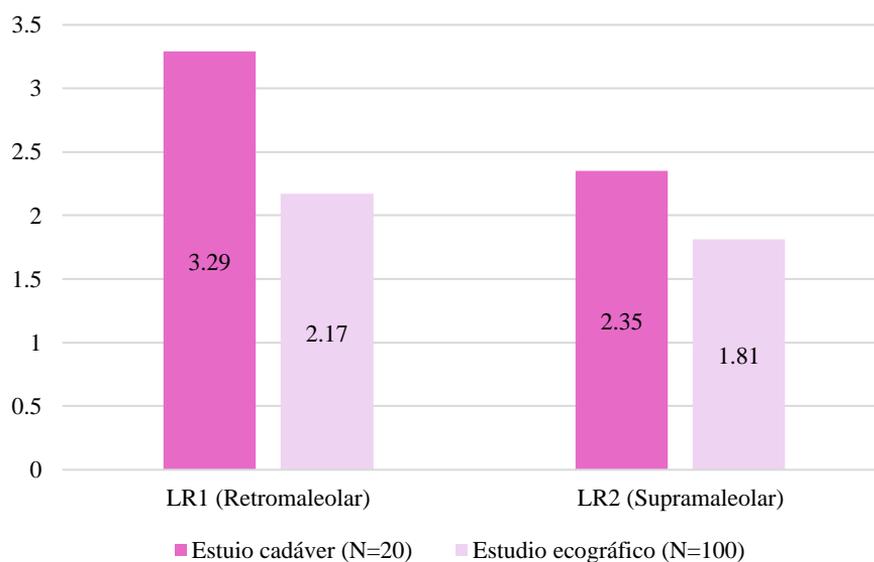
Desde una visión ecográfica, los nervios periféricos a nivel del tobillo aparecen como estructuras pequeñas, circulares e hiperecogénicas cuando se trabaja en modo brillo (*BMode*). Estas estructuras se visualizan mejor cuando el haz de ultrasonidos incide de manera perpendicular sobre el nervio. Es por ello que se aconseja inclinar el transductor para mejorar la visualización del nervio, debido a que los nervios periféricos raramente discurren paralelos a la piel (62). En contraste con la imagen hiperecogénica que ofrece el nervio periférico, los vasos sanguíneos son estructuras anecogénicas que se visualizan como círculos negros fáciles de identificar. De los cinco nervios que inervan el pie, el único nervio que no se localiza próximo a una arteria y/o a venas es el nervio peroneo superficial. En este sentido, los vasos sanguíneos pueden suponer un punto de referencia ecográfico idóneo para facilitar la localización de la estructura nerviosa (62,75). Además, el flujo sanguíneo y, por tanto, la presencia de un vaso sanguíneo, puede confirmarse mediante ultrasonografía *doppler* de flujo de color (función *CF*).

Sin embargo, tal y como apuntan algunos autores, las estructuras neuronales no siempre son fáciles de identificar ecográficamente (64,75). Redborg et al., en un estudio llevado a cabo en 18 voluntarios, describen que la visualización del nervio tibial a nivel del borde superior del maléolo se consideró pobre en un 17% de los casos (64). Los resultados obtenidos en el presente estudio también muestran esta dificultad. Un total de seis sujetos fueron excluidos del estudio por no poder identificar con seguridad la estructura del nervio tibial a nivel supramaleolar.

La visualización in vivo del paquete vasculonervioso es de suma importancia a la hora de describir la posición exacta de una estructura nerviosa, en tanto en cuanto puede aportar información complementaria a la obtenida durante un estudio anatómico convencional sobre cadáver, o diferir en algunos aspectos claves.

En el presente estudio se han observado diferencias a partir de los resultados obtenidos durante el estudio anatómico del nervio tibial sobre cadáver y el estudio ecográfico. Estas diferencias hacen referencia a dos variables de posición que se han contemplado en estos dos estudios: la distancia desde el punto óseo de referencia hasta

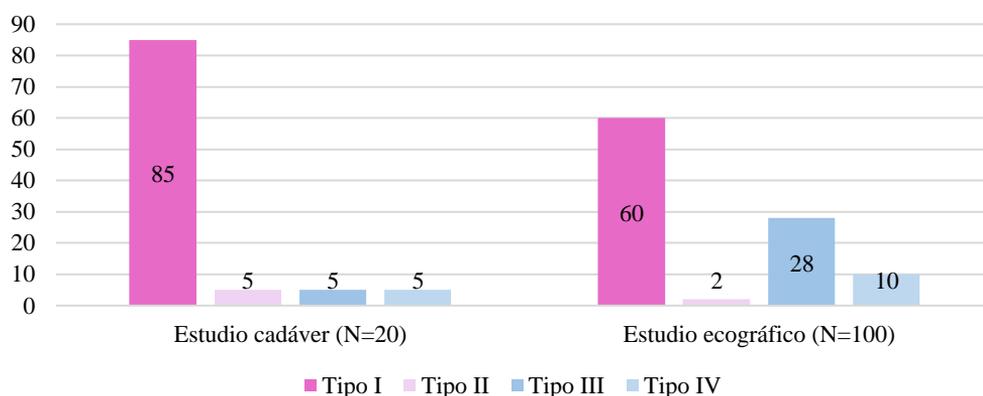
el centro del nervio tibial, y el tipo de relación anatómica entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior. Por lo que respecta a la primera variable de posición, la distancia media registrada desde el punto óseo de referencia hasta el centro del nervio tibial ha sido menor en el caso del estudio ecográfico, tanto a nivel de la línea de referencia retromaleolar, como a nivel de la línea de referencia supramaleolar (gráfico 20). Además, los resultados obtenidos en ambos estudios ponen de manifiesto la mayor proximidad del nervio tibial al punto óseo de referencia a nivel supramaleolar. Este hecho podría quedar justificado por la presencia de menor perímetro maleolar a nivel supramaleolar respecto al perímetro que se observa a la altura de la mortaja tibio-peronea-astragalina.



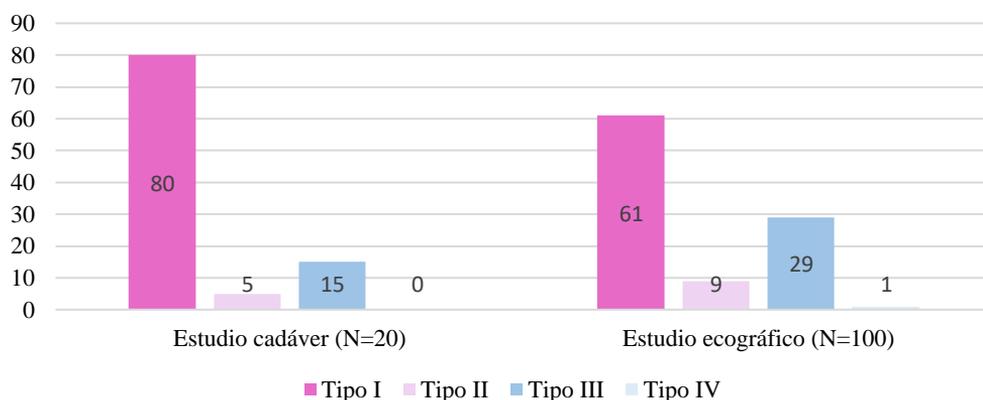
**Gráfico 20** Comparativa de la distancia registrada (cm) desde el punto óseo de referencia hasta el centro del nervio tibial, en el estudio sobre cadáver y en el estudio ecográfico.

Por lo que respecta al tipo de relación anatómica entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior (gráfico 21 y 22), la posición del nervio tibial observada con mayor frecuencia durante el estudio anatómico sobre cadáver, fue la posición categorizada como tipo I, tanto a nivel retromaleolar como a nivel supramaleolar. En el caso del estudio ecográfico, también se ha observado con mayor frecuencia esta posición. Sin embargo, la posición categorizada como tipo III se ha observado

ecográficamente, en un porcentaje de casos mucho más elevado que en el estudio anatómico sobre cadáver. El estudio ecográfico ha determinado también un mayor porcentaje de casos en los que se ha observado una posición anterior del nervio tibial respecto a la arteria tibial posterior a nivel supramaleolar, en comparación con el estudio ecográfico a nivel retromaleolar. Hay que señalar que la muestra del estudio sobre cadáver, ha sido considerablemente inferior a la muestra del estudio ecográfico.



**Gráfico 21** Comparativa del tipo de relación anatómica observada (%) entre el NT y la ATP a nivel retromaleolar, durante el estudio anatómico sobre cadáver y el estudio ecográfico.



**Gráfico 22** Comparativa del tipo de relación anatómica observada (%) entre el NT y la ATP a nivel supramaleolar, durante el estudio anatómico sobre cadáver y el estudio ecográfico.

El estudio ecográfico también ha permitido establecer la profundidad a la que se encuentra el nervio tibial respecto a la superficie cutánea. Éste se ha localizado a una distancia media de 0.91cm respecto a la piel a partir del punto más prominente del maléolo medial; mientras que a nivel supramaleolar, el nervio se ha localizado a una profundidad media de 1.24 cm respecto a la superficie cutánea. El estudio llevado a cabo por Larrabure et al, también determina que el nervio tibial se ubica a mayor profundidad cuanto más proximal es su localización (58). Nuestros resultados confirman, por tanto, la tendencia del nervio tibial a hacerse más superficial conforme más distal es su recorrido, y determinan una profundidad diferente a la que se debe insertar la aguja en función de si la técnica anestésica a realizar es a nivel retromaleolar o a nivel supramaleolar.

El perímetro medio del nervio tibial también ha obtenido valores diferentes a nivel de las dos líneas de referencia. En este caso, se ha observado un perímetro mayor a nivel retromaleolar (1.35 cm) que a nivel supramaleolar (1.29 cm). Puesto que se ha observado una bifurcación del nervio tibial en un 10% de los casos a nivel retromaleolar frente a un 1% de casos a nivel supramaleolar, el perímetro mayor del nervio a nivel retromaleolar puede deberse a una mayor probabilidad de bifurcación en esta localización anatómica.

Ahora bien, si algo ha puesto de manifiesto este estudio, es que los resultados del análisis de las variables de posición del nervio (distancia desde el punto óseo de referencia, profundidad y posición del nervio dentro del paquete vasculonervioso), no sólo varían en función de la localización anatómica a la que se realiza la exploración ecográfica. También varían en función de las características antropométricas del sujeto. En la tabla 41 se describen los resultados del análisis de las variables de posición del nervio tibial en función de la localización anatómica del estudio ecográfico, y se señalan las características antropométricas del sujeto que condicionan estas variables de posición.

**Tabla 41** *Coordenadas de posición del NT en función de la localización anatómica del estudio ecográfico, y características antropométricas del sujeto que condicionan estas variables de posición.*

Estudio ecográfico	Distancia punto óseo hasta centro NT		Profundidad del NT		Posición del NT dentro del PVN	
	Cm	Característica antropométrica	Cm	Característica antropométrica	Tipo (%)	Característica antropométrica
Retromaleolar	2.17	Sexo	0.91	Sexo	I (60) II (2) III (28) IV (10)	Sexo, peso, altura y perímetro maleolar
Supramaleolar	1.81	Sexo y categoría de IMC	1.24	Sexo	I (61) II (9) III (29) IV (1)	—

A nivel retromaleolar, el sexo del sujeto determina tanto la distancia media desde el punto más prominente del maléolo medial hasta el centro del nervio, como la profundidad media a la que se localiza el nervio respecto a la superficie cutánea. La distancia media desde el punto óseo de referencia hasta el centro del nervio tibial es mayor en el caso de los hombres, mientras que el nervio tibial se localiza a mayor profundidad en el caso de las mujeres. También el tipo de relación anatómica entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior viene determinado por las características del sujeto. El sexo, el peso, la altura y el perímetro maleolar del sujeto, condicionan la posición del nervio tibial dentro del paquete vasculonervioso. Concretamente, y haciendo referencia al género, se ha observado un mayor predominio del nervio tibial en una posición posterior a la ATP en el caso de las mujeres, frente a un mayor predominio del nervio tibial en una posición lateral respecto a la ATP o bifurcado en el caso de los hombres. También se ha observado que, los sujetos con un peso superior a 71 kg, presentan una mayor probabilidad de que el nervio tibial se localice en una posición lateral respecto a la ATP a nivel retromaleolar. Una altura del sujeto superior a 1.72 m, también aumenta la probabilidad de localizar al nervio tibial en una posición lateral dentro del paquete vasculonervioso, o de que éste aparezca bifurcado a la altura del punto más prominente del maléolo medial. Es por ello que, en el caso de la técnica retromaleolar, el bloqueo del nervio tibial se realizó con una angulación de la aguja de 45° en el caso de los sujetos con una altura superior a 1.72 m, mientras que se empleó

una angulación de 90° respecto a la superficie cutánea, en los sujetos con una altura inferior a este valor.

A nivel supramaleolar, la distancia media desde el borde medial de la cortical tibial hasta el centro del nervio, no sólo viene condicionada por el sexo del sujeto, sino también por su categoría de IMC. Se ha determinado una distancia mayor hasta el centro del nervio tibial tanto en el caso del sexo masculino, como en el caso de los sujetos con obesidad. De hecho, la distancia hasta el nervio tibial aumenta con forme aumenta la categoría de IMC. Esta diferencia con respecto a los resultados obtenidos a nivel retromaleolar, puede deberse a que el perímetro maleolar, a nivel supramaleolar, puede sufrir más oscilaciones de volumen que a nivel retromaleolar por presentar mayor componente muscular y adiposo. Por lo que respecta a la profundidad a la que se localiza el nervio tibial, también se ha observado a nivel supramaleolar, una localización del nervio tibial a mayor profundidad en el caso de los sujetos de sexo femenino. En cambio, no se ha podido establecer que el sexo, el peso y la altura del sujeto condicionen la posición del nervio tibial dentro del paquete vasculonervioso a nivel supramaleolar.

En base a estos resultados, podemos afirmar que, el estudio ecográfico del nervio tibial ha permitido determinar con mayor precisión las coordenadas diana de punción para el nervio tibial. Es más, si algo diferencia a este estudio del resto de estudios que le preceden, es que la exploración ecográfica que se ha realizado del nervio tibial ha constituido una guía a seguir para poder ajustar las coordenadas de punción en función de las características antropométricas del sujeto. Características que pueden condicionar la posición del nervio tibial tanto a nivel retromaleolar como a nivel supramaleolar.

### 5.3.3. RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DEL ESTUDIO IN VIVO DE LA EFICACIA DEL BLOQUEO ANESTÉSICO

Son pocos los estudios que han analizado la eficacia de los bloqueos de tobillo basados en referencias anatómicas para llevar a cabo el bloqueo anestésico de los nervios del pie. Además, la disparidad en la eficacia y en los resultados obtenidos en estos estudios, dificultan el poder determinar la eficacia real de estos bloqueos (62). Algunas publicaciones describen una tasa de éxito alrededor del 80-100% (19,25-27,32,65,76,77), mientras que otros estudios describen una eficacia del 22% (64) y del 66% (55) para este tipo de bloqueo.

Hromádka et al, en un estudio llevado a cabo en 77 sujetos, determinaron una tasa de éxito para el bloqueo de tobillo del 92.9%. Únicamente se registró un bloqueo fallido del nervio tibial en el 4.7% de los casos (19). Una tasa de éxito similar fue la alcanzada por Serrafian et al. Estos autores registraron hasta un 94% de bloqueos de tobillo efectivos (77). También Rudkin et al, en un análisis prospectivo llevado a cabo en 1000 pacientes, determinaron una tasa de éxito del 94,7% mediante técnica clásica de bloqueo de tobillo. Sin embargo, consideraron que un bloqueo de tobillo era efectivo, cuando no se requirió de un refuerzo intraquirúrgico, y no cuando se alcanzó un bloqueo anestésico de toda el área correspondiente a la zona plantar del pie (65). Colgrove por su parte, no describe ningún caso de bloqueo fallido del nervio tibial, aunque sí la presencia de bloqueos incompletos tras haber realizado la técnica que propone para el bloqueo del nervio tibial, en más de 500 ocasiones. Sin embargo, no especifica el porcentaje de bloqueos incompletos registrados (28).

Todos estos estudios, si bien se caracterizan por haber alcanzado una alta tasa de éxito, también comparten la característica de que todos ellos se basan en una técnica de bloqueo del nervio tibial por volumen. De hecho, todas las técnicas anestésicas descritas por estos autores realizan el bloqueo del nervio tibial depositando un volumen de anestésico local que oscila entre 7 y 15 ml, hecho que podría justificar el porcentaje alto de bloqueos efectivos descritos.

No obstante, hay otros autores que describen técnicas anestésicas con una alta tasa de éxito para el bloqueo del nervio tibial, y que no se basan en un bloqueo por volumen. Es el caso de Sharrock, quien describe un bloqueo del nervio tibial distal al maléolo medial mediante el depósito de 3-5 ml de anestésico local. Este autor, en un estudio llevado a cabo en 123 sujetos, afirma que en todos los casos se alcanzó un bloqueo efectivo con la técnica propuesta (26). Ahora bien, no especifica si la eficacia del bloqueo se basa en una extensión completa del mismo a lo largo de toda la zona plantar del pie, o en la no necesidad de realizar un refuerzo anestésico intraquirúrgico. También Wassef describe una tasa de éxito del 100% en el caso del abordaje subcalcáneo del nervio tibial realizado en 20 sujetos, mediante la administración de 3 ml de anestésico local. Sin embargo, este autor determina la eficacia del bloqueo en función de la ausencia de necesidad de refuerzo intraquirúrgico (27). Tryba por su parte, en un estudio llevado a cabo en 213 pacientes, afirma que únicamente 7 sujetos requirieron de una anestesia espinal adicional por un bloqueo incompleto de tobillo, siendo la principal causa del fracaso, la inexperiencia del clínico. La técnica propuesta por este autor se realiza a nivel retromaleolar, pero no se especifica el punto exacto de punción, lo que dificulta la reproducibilidad del bloqueo anestésico propuesto en su estudio (25).

En el presente estudio, las técnicas anestésicas descritas también han evitado basarse en un bloqueo del nervio tibial por volumen. Es más, se ha intentado mejorar la precisión del bloqueo del nervio tibial administrando el volumen mínimo de anestésico local descrito en la literatura revisada. Son varios los motivos que han condicionado este interés (62,64): en primer lugar, excepto el nervio peroneo superficial, el resto de los nervios del pie discurren próximos a estructuras vasculares, incrementándose el riesgo de una mayor toxicidad sistémica por una inyección intravascular inadvertida. En segundo lugar, volúmenes altos de anestésico local pueden aumentar el riesgo de oclusión vascular y de síndrome compartimental, por la presión hidrostática creada por la inyección del anestésico local, más aún en el caso del nervio tibial, que queda alojado dentro del túnel tarsiano. Un ejemplo de ello no explicitado en la literatura, es el dolor de origen neuropático que ocasionalmente se puede desencadenar durante el

tratamiento de metatarsalgias de origen inflamatorio, mediante la administración de un anestésico local y un glucocorticoide en la zona. Finalmente, utilizar dosis mínimas de anestésico local para el bloqueo selectivo de un tronco nervioso, es especialmente importante en los casos de bloqueos completos de tobillo, o en aquellos casos en los que se requiere realizar un bloqueo de tobillo bilateral con el fin de no sobrepasar las dosis máximas recomendadas.

Este hecho podría justificar el que se haya obtenido una tasa de éxito inferior para ambas técnicas anestésicas, respecto a las descritas hasta el momento. Concretamente, con este volumen mínimo administrado, se ha obtenido una tasa de éxito para el bloqueo del nervio tibial a nivel retromaleolar del 81.8%, mientras que la tasa de bloqueos efectivos a nivel supramaleolar ha sido del 78.2%.

Otro aspecto a tener en cuenta es que, en el presente estudio, se ha elegido una definición muy conservadora de tasa de éxito, entendiéndose ésta como aquellos casos en los que se han anestesiado por completo los tres cuadrantes en los que se ha dividido el dermatoma del nervio tibial. Se ha descartado, por tanto, la opción de considerar como bloqueos efectivos, aquellos que no han requerido de un refuerzo intraquirúrgico. Redborg et al, en un estudio llevado a cabo en 15 sujetos, reporta una tasa de éxito del 22% cuando la localización del punto de punción para el nervio tibial se basó en referencias anatómicas convencionales. Estos autores, que administraron 5 ml de anestésico local para la realización del bloqueo, también se basaron en la misma definición para determinar la tasa de éxito (64). Otro estudio que ha obtenido una tasa de éxito inferior a las nuestras, ha sido el estudio de Chin et al, quien describe una tasa de éxito del 66% cuando el bloqueo del nervio tibial se realiza mediante técnica convencional (55). Wassef, por su parte, describe una tasa de éxito del 30% para el abordaje clásico del nervio tibial tras la localización previa del pulso arterial, y afirma que no se alcanzó ningún bloqueo efectivo retromaleolar en los casos en los que no se pudo identificar el pulso arterial (27).

Por otra parte, el punto de bifurcación del nervio tibial, puede sufrir grandes variaciones anatómicas interindividuales que pueden contribuir a obtener una tasa alta de bloqueos incompletos o fallidos (64). En el caso de la técnica retromaleolar, se ha llegado a localizar el paquete vasculonervioso en todos los casos a partir de las

coordenadas diana de punción descritas. No ha ocurrido lo mismo en el caso de la técnica supramaleolar, se han registrado un total de 4 bloqueos fallidos. Estos resultados ponen de manifiesto una mayor dificultad para localizar el nervio tibial a nivel supramaleolar. A este nivel anatómico, el nervio tibial se encuentra en una posición anatómica más profunda respecto a la superficie cutánea, hay más presencia de tejido adiposo, lo que puede enlentecer la difusión del anestésico local a través de la barrera fosfolipídica, y hay más riesgo de no identificar correctamente la estructura ecográfica correspondiente al tronco nervioso. El estudio realizado por Larrabure et al, también pone de manifiesto la dificultad de localizar el nervio tibial en una posición anatómica más proximal (58).

El porcentaje de bloqueos efectivos ha sido, en el caso de la técnica retromaleolar, superior para cada uno de los cuadrantes en los que se dividió el dermatoma del nervio tibial. De los tres cuadrantes, el que ha presentado más dificultad para alcanzar un bloqueo de la sensibilidad térmica y dolorosa, ha sido el correspondiente al nervio plantar interno, tanto en el caso de la técnica retromaleolar como en el caso de la técnica supramaleolar. Estos resultados difieren de los obtenidos por Hromádka et al. En su estudio, el bloqueo incompleto del nervio tibial se ha localizado en el área correspondiente al nervio plantar externo (19). Estudios futuros deberán analizar si una angulación de la aguja menor de 90° puede mejorar el bloqueo del cuadrante correspondiente al nervio plantar interno, así como disminuir el número de punciones vasculares y/o peri/intraneurales.

Por lo que respecta al bloqueo anestésico del dermatoma correspondiente al nervio calcáneo, se ha obtenido, contrariamente a lo esperado en un primer momento, un porcentaje menor de bloqueos efectivos a nivel supramaleolar. Este hecho puede corroborar, tal y como describen algunos autores, la posibilidad de una bifurcación del nervio tibial aún más proximal (17,31,49,50). Los resultados obtenidos en el presente estudio, también confirman esta suposición. Aunque se ha observado una mayor probabilidad de bifurcación del nervio tibial a nivel retromaleolar, la bifurcación más proximal del nervio calcáneo medial se ha localizado a 5 cm respecto a la línea de referencia supramaleolar, y a 9.1 cm respecto al punto más prominente del maléolo medial.

El tiempo de latencia absoluta total registrado, aunque ha alcanzado un valor superior en el caso de la técnica supramaleolar, ha sobrepasado en pocos minutos la mitad del tiempo máximo estipulado para determinar la extensión del bloqueo (30 min). Doty et al también registraron un tiempo de latencia superior en el caso del bloqueo del nervio tibial a nivel supramaleolar mediante técnica con neuroestimulación. Sin embargo, el tiempo de latencia registrado por estos autores, ha sido mayor al registrado en nuestro caso a nivel retromaleolar, cuando la técnica se realizó sin la ayuda del neuroestimulador (20 min; rango, 14-30) (59). Estos autores sospechan que la presencia de un mayor tiempo de latencia a nivel supramaleolar puede deberse a que a nivel distal, el retináculo flexor restringe el compartimento donde se localiza el paquete vasculonervioso, facilitando la distribución del anestésico local. También una diferencia en el tamaño de las fibras nerviosas entre ambas localizaciones puede enlentecer la difusión del fármaco a nivel supramaleolar. Asimismo, también afirman que debido a que el nervio plantar interno es la rama terminal más grande del nervio tibial, la inyección del anestésico local en la proximidad de este tronco nervioso debería reducir el tiempo de latencia del bloqueo. Rudkin por su parte, afirma que la tasa de bloqueos de tobillo fallidos fue significativamente mayor cuando el procedimiento quirúrgico empezó antes de transcurridos los primeros 20 minutos desde la realización del bloqueo anestésico (65). En este sentido, un tiempo de comprobación máximo superior a 30 minutos, hubiese podido mejorar la tasa de éxito del bloqueo supramaleolar de nuestro estudio. Además, debemos remarcar que, en la práctica clínica podológica, únicamente valoramos el bloqueo de la sensibilidad sensitiva, no de la motora. Por tanto, no podemos afirmar el predominio de fibras nerviosas gruesas a nivel más proximal.

También la duración del bloqueo y el grado de dolor referido por los pacientes, ha obtenido prácticamente el mismo valor en ambas técnicas. La duración media del bloqueo registrada tanto a nivel retromaleolar como a nivel supramaleolar, garantiza un tiempo de analgesia suficiente para llevar a cabo cualquier procedimiento quirúrgico del pie. Por lo que respecta al grado de dolor referido por los sujetos, ambas técnicas anestésicas han resultado ser bien aceptadas por los sujetos de la muestra. Las dos

muestras del estudio han calificado como grado bajo de dolor en la escala EVA, el dolor percibido durante el proceso anestésico.

Son varios los autores que han remarcado la necesidad de conocer la posición exacta de los nervios periféricos para disminuir la probabilidad de obtener una analgesia incompleta. Schabort afirma que, conocer la posición exacta de los nervios del pie a partir de puntos de referencia fáciles de identificar, puede ayudar a localizar estos nervios con mayor precisión y reducir la incidencia de analgesia incompleta (78). Murphy alude a la necesidad de tener un conocimiento detallado de la anatomía para mejorar el éxito y la seguridad de los bloqueos de tobillo (79). Sarrafian afirma que el éxito de cualquier bloqueo de nervio periférico, incluido el bloqueo de tobillo, se basa en el conocimiento de la ubicación exacta de los nervios periféricos (77).

Las coordenadas diana de punción descritas en el presente estudio para la técnica de abordaje retromaleolar y la técnica de abordaje supramaleolar, se han basado en un estudio ecográfico del nervio tibial que ha permitido determinar tanto la distancia del nervio respecto al punto óseo de referencia, como su profundidad respecto a la superficie cutánea, ambas en su posición original, sin manipulación directa del paquete vasculonervioso. Sin embargo, a pesar de que el paquete vasculonervioso se ha alcanzado en todas las ocasiones a nivel retromaleolar, no se ha alcanzado un bloqueo efectivo del nervio tibial en el 100% de los casos, para ninguna de las dos técnicas.

Estos resultados confirman, al igual que los obtenidos por otros autores, la dificultad de alcanzar un bloqueo anestésico efectivo del nervio tibial. Tanto Hromádka como McCutcheon, determinan una tasa de éxito inferior para el nervio tibial, respecto a la tasa de éxito alcanzada por el resto de nervios que inervan el pie, lo que refuerza la teoría de que el nervio tibial es el nervio del pie más difícil de anestésiar (18,19). También estos resultados confirman la variabilidad anatómica que puede sufrir el nervio tibial, no sólo por lo que respecta a su patrón de bifurcación, sino también por lo que respecta al tipo de relación anatómica que puede mantener con la arteria tibial posterior. Finalmente, también ponen de manifiesto la posibilidad de no haber identificado correctamente la estructura ecográfica correspondiente al nervio tibial en todos los casos, especialmente durante exploración ecográfica a nivel supramaleolar. A

este respecto, otros estudios remarcan la dificultad de identificar ecográficamente las estructuras neurales (64,75).

La descripción y realización de numerosos bloqueos ecoguiados, incluido el bloqueo de tobillo, se ha incrementado considerablemente durante la última década, con el fin de mejorar la eficacia de los bloqueos anestésicos periféricos. Este tipo de bloqueos proporciona una serie de ventajas frente a la técnica convencional basada en referencias anatómicas (62): permite determinar la ubicación de los nervios, permite visualizar el avance y la posición de la aguja en tiempo real, y permite visualizar la distribución del anestésico local.

Son varios los estudios que han determinado una necesidad de volumen anestésico más reducido, tiempos de latencia más cortos, y una mayor satisfacción del paciente mediante la realización de bloqueos de tobillo ecoguiados (55,64,80,81). Sin embargo, no todos los autores corroboran estos resultados. Fredrickson et al compararon la técnica ecoguiada con un volumen anestésico bajo y la técnica convencional de tobillo con un volumen anestésico alto, encontrando que a pesar de que los bloqueos ecoguiados de tobillo proporcionaron una tasa de éxito mayor, se asociaron a una analgesia considerablemente inferior durante las siguientes 24h (63). También Antonakakis et al han demostrado que los ultrasonidos no mejoran la tasa de éxito del bloqueo del nervio peroneo profundo (82).

Por lo que respecta al bloqueo ecoguiado del nervio tibial, Redborg et al mostraron una mayor eficacia (72% vs 22%), y satisfacción del paciente, cuando los bloqueos del nervio tibial se realizaron en modalidad ecoguiada (64). Soares et al determinaron que un volumen de 2 a 5 ml de anestésico local fue suficiente para alcanzar el bloqueo del nervio tibial gracias a la difusión del anestésico (81). Clattenburg et al afirman que el bloqueo ecoguiado del nervio tibial puede ser un componente clave en la analgesia multimodal para mejorar el resultado analgésico en el caso de fracturas del calcáneo (83). Burke et al, en un estudio realizado en 15 sujetos, describen una técnica ecoguiada que utiliza la inyección perineural del nervio

plantar interno proximal al *sustentaculum tali*, para alcanzar un bloqueo completo del nervio tibial mediante un reflujo retrógrado del anestésico local hacia proximal (84).

Sin embargo, si bien los bloqueos ecoguiados pueden mejorar la eficacia clínica de los bloqueos anestésicos respecto a las técnicas convencionales basadas en referencias anatómicas, no todo son ventajas. En primer lugar, la realización de un bloqueo ecoguiado requiere de la coordinación de ambas manos (85) o incluso de la presencia de un asistente para inyectar el anestésico local mientras el explorador obtiene una imagen ecográfica de la posición de la aguja (62). En segundo lugar, la técnica ecoguiada requiere la inserción de la aguja “en plano” con el transductor. Esto a su vez condiciona la angulación de la aguja, que debe avanzar en ángulo poco profundo, paralela al eje de la imagen (64,83). En el caso del nervio tibial, debido a la presencia de una superficie reducida en la región posterior al maléolo medial, es necesario realizar en ocasiones un refuerzo del bloqueo fuera de plano (83). En tercer lugar, se requiere mayor tiempo para llevar a cabo el bloqueo ecoguiado y son necesarias más redirecciones de la aguja para completar el procedimiento anestésico del nervio tibial. Redborg et al afirman que un 44.4% de los sujetos requirieron tres o más redirecciones frente el 0% en el caso del de la técnica convencional (64). A todo ello se le suma el hecho de que todavía quedan por responder muchas preguntas sobre la eficacia de los bloqueos periféricos ecoguiados, especialmente en el caso de los bloqueos ecoguiados de tobillo.

En nuestro caso, la ultrasonografía se ha utilizado con el objetivo de localizar con mayor precisión la posición del nervio tibial en función de las características antropométricas del sujeto, para mejorar la eficacia del bloqueo del nervio tibial mediante técnica convencional. Nuestra hipótesis inicial fue que el bloqueo del nervio tibial a nivel supramaleolar podía conllevar una mayor tasa de bloqueos efectivos en tanto en cuanto podía haber menor probabilidad de que el nervio se hubiera bifurcado en sus ramas terminales. Sin embargo, los resultados obtenidos han determinado un porcentaje mayor de bloqueos efectivos a nivel retromaleolar. También han puesto de manifiesto una mayor facilidad para localizar el nervio tibial a nivel retromaleolar, en tanto en cuanto no se ha registrado ningún bloqueo fallido del nervio tibial cuando se

ha realizado su bloqueo a partir del punto más prominente del maléolo medial. Sin embargo, no se han podido determinar diferencias estadísticamente significativas para los resultados anestésicos obtenidos entre ambas técnicas. Ello puede deberse a que las coordenadas diana de punción descritas tanto para la técnica retromaleolar como para la técnica supramaleolar sometidas a estudio, se han basado en un análisis previo pormenorizado de la posición anatómica del nervio tibial. Dichas coordenadas de punción, si bien no han permitido alcanzar una tasa de éxito del 100%, han registrado un número de bloqueos efectivos superior al descrito por otras técnicas convencionales no basadas en un bloqueo del nervio tibial por volumen. Incluso, en el caso de la técnica retromaleolar, han permitido registrar una tasa de éxito mayor a la descrita mediante técnica ecoguiada.

Aunque las dos técnicas anestésicas descritas en el presente estudio han proporcionado unos resultados clínicos muy similares, la técnica retromaleolar podría considerarse, por su mayor tasa de éxito alcanzada, la técnica de elección para llevar a cabo el bloqueo del nervio tibial. No obstante, los resultados obtenidos también sugieren que el abordaje proximal del nervio tibial puede ser una técnica anestésica a considerar, especialmente en aquellos pacientes que tengan un acceso restringido al área retromaleolar debido, por ejemplo, a una anatomía del tobillo alterada o distorsionada. Ambas técnicas se han caracterizado por llevar a cabo el bloqueo del nervio tibial mediante una única punción, sin cambios de dirección de la aguja, con un volumen mínimo efectivo de anestésico local y con un tiempo máximo de comprobación del bloqueo efectivo coherente con el tiempo de inicio de acción descrito para el anestésico local administrado.

#### 5.4. LIMITACIONES Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

Después del presente recorrido, hay que señalar que los principales puntos fuertes del estudio han sido la complementariedad del estudio anatómico del nervio tibial sobre cadáver, con la realización del estudio ecográfico del nervio tibial, permitiendo éste último, determinar la posición del nervio tibial *in vivo*, sin una manipulación directa del paquete vasculonervioso. También el estudio ecográfico ha permitido analizar la relación entre diferentes características antropométricas del sujeto, y la posición anatómica del nervio tibial.

La utilización de los mismos ejes anatómicos de referencia durante las diferentes fases del estudio, y la medición de las diferentes medidas de distancia con el pie del sujeto situado siempre en la misma posición anatómica, ha reducido el riesgo de obtener sesgos durante la determinación de las coordenadas diana de punción para las dos técnicas.

Las coordenadas diana de punción descritas para el bloqueo del nervio tibial tanto a nivel retromaleolar como a nivel supramaleolar, favorecen la reproducibilidad de las técnicas anestésicas descritas.

Por último, la calibración realizada tanto durante la disección anatómica del nervio tibial como durante el estudio ecográfico del nervio, ha obtenido una concordancia/correlación adecuada para garantizar un buen control del sesgo exploratorio. También han contribuido a ello, el diseño aleatorizado y a doble ciego de la fase experimental del estudio.

Por lo que respecta a las limitaciones del estudio, se han definido ejes anatómicos de referencia distintos a los utilizados en otros estudios, lo que dificulta la estandarización de los resultados obtenidos. Tampoco existen estudios ecográficos previos de la posición del nervio tibial que permitan la estandarización y la comparabilidad de nuestros resultados con otros estudios.

Habida cuenta de la mejora terapéutica basada en la seguridad clínica del paciente y en el grado de confort percibido por el sujeto durante el procedimiento anestésico, se hace necesario estandarizar aún más si cabe, la mejora de los puntos

diana propuestos en el presente trabajo. Es por ello que, como futuras líneas de investigación, se pretende aumentar la muestra del presente estudio con la finalidad de conocer mejor la anatomía topográfica del nervio tibial y su relación con la arteria tibial posterior. Este conocimiento permitirá reajustar los procedimientos de punción y angulación de la aguja basados en los puntos diana propuestos. También con la finalidad de garantizar una calidad asistencial del proceso anestésico del pie, se hace necesario analizar las posibles complicaciones derivadas de las técnicas anestésicas propuestas en el presente estudio, así como conocer la satisfacción de los pacientes con las mismas.



## 6. CONCLUSIONES



- El punto de bifurcación del nervio tibial en nervio plantar interno y nervio plantar externo, se ha localizado, en todos los casos, distal a la línea de referencia retromaleolar. En 6 ocasiones, se ha observado una bifurcación proximal de la rama calcánea medial a LR<sub>1</sub>, y en una ocasión una bifurcación proximal de la rama calcánea inferior. A nivel supramaleolar, se ha observado en dos ocasiones, una bifurcación proximal de la rama calcánea medial.
- La distancia media registrada en cadáver desde el punto óseo de referencia hasta el centro del nervio tibial ha sido de 3.29 cm a nivel retromaleolar, y de 2.35 cm a nivel supramaleolar. La distancia media obtenida durante el estudio ecográfico ha sido de 2.17 cm y 1.81 cm, para cada localización anatómica. El nervio tibial se ha localizado a una profundidad media de 0.91 cm a nivel retromaleolar, y de 1.24 cm a nivel supramaleolar. En ambos estudios y en ambas localizaciones anatómicas, el nervio tibial se ha localizado posterior a la arteria tibial posterior en un mayor número de ocasiones.
- La distancia media desde el punto óseo de referencia hasta el centro del nervio tibial es mayor en el sexo masculino, mientras que el nervio tibial se localiza a mayor profundidad en el sexo femenino. A nivel retromaleolar, el sexo masculino del sujeto, una altura superior a 1.72 cm y un peso superior a 72 kg, aumentan la probabilidad de que el nervio tibial se localice en una posición lateral respecto a la arteria tibial posterior. A nivel supramaleolar, una categoría superior de IMC aumenta la distancia hasta el centro del nervio tibial. En cambio, el sexo, el peso y la altura del sujeto no condicionan la relación anatómica entre el nervio y la arteria tibial posterior.
- El punto de punción se localiza, en el caso de la técnica retromaleolar, a una distancia de 2.28-2.54 cm desde el punto más prominente del maléolo medial, en el caso del sexo masculino; y entre 1.91-2.08 cm en el caso del sexo femenino. La profundidad a la que se debe introducir la aguja es de 0.9 cm respecto a la superficie cutánea. En el caso de la técnica supramaleolar, el punto de punción se

localiza a una distancia entre 1.80-2.03 cm desde el borde medial de la cortical tibial, en el caso del sexo masculino, y entre 1.67-1.81 cm en el caso del sexo femenino. La aguja se debe introducir a una profundidad de 1.3 cm en el caso de los hombres, y de 1.1 cm en el caso de las mujeres.

- El tiempo de latencia relativa y el tiempo de latencia absoluta total, han sido superior en el caso de la técnica supramaleolar. Se ha registrado un mayor porcentaje de bloqueos efectivos en el caso de la técnica retromaleolar, para cada uno de los cuadrantes en los que se dividió el dermatoma del nervio tibial (C1, C2 y C3). La duración del bloqueo sensitivo del nervio tibial ha sido muy similar entre ambas técnicas: 2h 30 min y 2h 31 min.
- Tanto los sujetos del subgrupo BRM como los sujetos del subgrupo BSM, han puntuado como grado bajo de dolor en la escala EVA, el dolor percibido durante el proceso anestésico: 2.16 puntos y 2.24 puntos, respectivamente.
- La tasa de éxito para la técnica retromaleolar descrita ha sido del 81.8%, frente a una tasa de éxito para la técnica supramaleolar del 78.2%.

## 7. BIBLIOGRAFÍA



- (1) Virginia Novel Martí. Desarrollo de la Podología en España. Universitat de Barcelona; 2009.
- (2) De La Fuente, Jose Luis Moreno. Podología general y biomecánica; : Elsevier España; 2009.
- (3) Borel J, Sivanto M. Gestión de calidad en anestesiología. Rev Argentina Anest 2008;66(1):71-82.
- (4) De Lille-y Fuentes, Ramón M. Calidad en anestesia. Revista Mexicana de Anestesiología 2013;36(1):S74.
- (5) Massa H, Hubert S, Carles M, Raucoules-Aimé M. Anestesia del paciente ambulatorio. EMC - Anestesia-Reanimación 2010;36(2):1-20.
- (6) García-Aguado R, Violes, J. Moro, B. Martínez-Pons, V. Hernández, H. Manual de Anestesia Ambulatoria. 1ª ed.: Sociedad Valenciana de Anestesiología, Reanimación y Terapéutica del Dolor (SVARTD). Sección de Anestesia Ambulatoria; 2004.
- (7) Malamed SF. Evaluación física y psicológica. Manual de Anestesia Local Barcelona: Elsevier España; 2013. p. 124-156.
- (8) De La Paz-Estrada C, Prego-Beltrán C, Barzaga-Hernández E. Miedo y ansiedad a la anestesia en pacientes sometidos a cirugía. Revista Mexicana de Anestesiología 2006;29(3):159-162.
- (9) Becerro de Bengoa, R. Bonilla, E. Giralt, E. Novel, V. Ramos, J. Zalacaín, A. Guía Práctica de Protocolos Quirúrgicos en Podología. 1ª ed. Madrid: Consejo General de Colegios Oficiales de Podólogos; 2009.
- (10) Abad-Torrent A. Actualización 2017 Guías prácticas para el ayuno preoperatorio. ¿Alguna novedad? Revista Electrónica AnestesiaR [Internet]. Etnbsp; [citado 21 jul. 2018];10(5):3 2017.
- (11) Aguilar J.L, Domingo V, Peláez R, Mendiola M.A. Aspectos generales de los bloqueos locorreregionales. In: Aliaga L, Català E, García Muret A, Masdeu J, Tornero C, editor. Anestesia Regional Hoy. 3ª Edición Barcelona: Permanyer; 2005. p. 49-64.
- (12) Galán Gutiérrez JC|C, J.C. Consentimiento informado en anestesiología: la antelación suficiente como requisito de validez. Revista Española de Anestesiología y Reanimación 2014 2013;61(2):94-100.
- (13) Coughlin MJ, Horton GA. Cirugía ambulatoria y anestesia regional. In: Coughlin MJ, Mann RA, Saltzman CL, editors. Pie y Tobillo Madrid: Marbán; 2011. p. 132-156.
- (14) Govsa F, Bilge O, Ozer MA. Variations in the origin of the medial and inferior calcaneal nerves. Arch Orthop Trauma Surg 2006;126(1):6-14.
- (15) Andreasen Struijk, Lotte N S, Birm H, Teglbjærg PS, Haase J, Struijk JJ. Size and separability of the calcaneal and the medial and lateral plantar nerves in the distal tibial nerve. Anatomical Science International 2010;85(1):13-22.
- (16) Kim D, Kim Y, Han S. Topography of human ankle joint: focused on posterior tibial artery and tibial nerve. Anatomy & Cell Biology 2015;48(2):130-137.
- (17) Kim BS, Choung PW, Kwon SW, Rhyu IJ, Kim DH. Branching Patterns of Medial and Inferior Calcaneal Nerves Around the Tarsal Tunnel. Annals of Rehabilitation Medicine 2015;39(1):52-55.

- (18) McCutcheon R. Regional anesthesia for the foot. *Can Anesth Soc J* 1965;12:465-74.
- (19) Hromádka R, Barták V, Popelka S, Pokorný D, Jahoda D, Sosna A. Ankle block implemented through two skin punctures. *Foot and Ankle International* 2010;31(7):619-623.
- (20) Kay J. Ankle block. *Techniques in Regional Anesthesia and Pain Management* 1999;3(1):3-8.
- (21) Nieto García E, Rodríguez Baeza A. *Anestesia del pie. Puntos diana*. Barcelona: Editorial Glosa, SL; 2011.
- (22) Concepcion M. Ankle block. *Techniques in Regional Anesthesia and Pain Management* 1999;3(4):241-246.
- (23) De la Quintana Gordon, Borja, López López E. Anestesia para la cirugía del pie. In: Izquierdo Cases JÓ, editor. *Podología quirúrgica* Madrid: Elsevier España; 2006. p. 1-10.
- (24) Monkowski DP, Egidí HR. Ankle block. *Techniques in Regional Anesthesia and Pain Management* 2006;10(4):183-188.
- (25) Tryba M. Ankle block: A safe and simple technique for foot surgery. *Current Opinion in Anaesthesiology* 1997;10(5):361-365.
- (26) Sharrock NE, Waller JF, Fierro LE. Midtarsal block for surgery of the forefoot. *Br J Anaesth* 1986;58(1):37-40.
- (27) Wassef MR. Posterior tibial nerve block. *Anaesthesia* 1991;46(10):841-844.
- (28) Colgrove RC. Technique tip: Posterior tibial nerve block. *Foot and Ankle International* 2001;22(10):839-840.
- (29) Meyr AJ, DiPrimio R. Lower-Extremity Sclerotomes Clinical Applications and the Modified Mayo Block. *J Am Podiatr Med Assoc* 2009;99(3):232-235.
- (30) Worrell JB, Barbour G. The Mayo block: an efficacious block for hallux and first metatarsal surgery. *AANA J* 1996;64(2):146-152.
- (31) Gerbert J. The location of the terminal branching of the posterior tibial nerve and its effect on administering a posterior tibial nerve block. *J Am Podiatry Assoc* 1971;61(1):8-11.
- (32) Delgado-Martínez AD, Marchal JM, Molina M, Palma A. Forefoot surgery with ankle tourniquet: Complete or selective ankle block? [8]. *Reg Anesth Pain Med* 2001;26(2):184-186.
- (33) Malamed SF. *La aguja*. Manual de Anestesia Local Barcelona: Elsevier España; 2013. p. 92-100.
- (34) Hochman MN, Friedman MJ. In vitro study of needle deflection: a linear insertion technique versus a bidirectional rotation insertion technique. *Quintessence international* (Berlin, Germany : 1985) 2000;31(1):33.
- (35) Trepal MJ, Jules KT. Anestésicos locales en cirugía podológica. *Revista Internacional de Ciencias Podológicas* 2007;1(1):49.
- (36) Beloeil H, Mazoit J-. *Farmacología de los anestésicos locales*. EMC - Anestesia-Reanimación 2010;36(4):1-18.
- (37) Wavreille G, Baroncini M, Fontaine C. Anatomía, histología y fisiología del nervio periférico. *EMC APARATO LOCOMOTOR* 2011;44(1):1-9.

- (38) Malamed SF. Neurofisiología. Manual de Anestesia Local Barcelona: Elsevier España; 2013. p. 2-24.
- (39) Hurlé MA. Anestésicos locales. Farmacología Humana; 2002. p. 295-301.
- (40) Gutierrez S, Moreno LA, Ornaque I. Aspectos farmacológicos de la anestesia regional. In: Aliaga L, Català E, García Muret A, Madescu J, Tornero C, editors. Anestesia Regional Hoy Barcelona: Publicaciones Permanyer; 2006.
- (41) Katzung BG, White PF. Anestésicos locales. In: Katzung BG, Masters SB, Trevor AJ, editors. Farmacología básica y clínica: McGrawHill; 2010. p. 439-450.
- (42) Seiz Martínez AL. Farmacología de los anestésicos locales. Bloqueos locorreregionales en la región faciocervical. In: García, Miguel Burgueño GarcíaElena Gómez, editor. Atlas de colgajos locales en la reconstrucción de cabeza y cuello Madrid: Elsevier España; 2007. p. 31-53.
- (43) Malamed SF. Farmacología de los anestésicos locales. Manual de Anestesia Local Barcelona: Elsevier España; 2013. p. 25-38.
- (44) Zaragoza-Lemus G, Sánchez-Velasco B, Pantoja-Herrera M. Eficacia en el uso de volúmenes altos versus bajos de anestésico local para el bloqueo de plexo braquial. Revista Mexicana de Anestesiología 2004;27(4):191-195.
- (45) Malamed SF. Acción clínica de fármacos específicos. Manual de Anestesia Local Barcelona: Elsevier España; 2013. p. 52-75.
- (46) Errando CL, Freijo JJ, Vila M, Tardón L. Toxicidad de los anestésicos locales. Prevención y tratamiento. Revista Española de Anestesiología y Reanimación 2013;60:65-72.
- (47) Malamed SF. Complicaciones sistémicas. Manual de Anestesia Local Barcelona: Elsevier España; 2013. p. 311-340.
- (48) Delgado-Martinez AD, Marchal-Escalona JM. Technique tip: Supramalleolar ankle block anesthesia and ankle tourniquet for foot surgery. Foot and Ankle International 2001;22(10):836-838.
- (49) Dellon AL, Mackinnon SE. Tibial nerve branching in the tarsal tunnel. Arch Neurol 1984;41(6):645.
- (50) Bareither DJ, Genau JM, Massaro JC. Variation in the division of the tibial nerve: application to nerve blocks. J Foot Surg 1990;29(6):581.
- (51) Davis TJ, Schon LC. Branches of the tibial nerve: Anatomic variations. Foot and Ankle International 1995;16(1):21-29.
- (52) Louisia S, Masquelet AC. The medial and inferior calcaneal nerves: an anatomic study. Surgical and Radiologic Anatomy 1999;21(3):169-173.
- (53) Horwitz MT. Normal anatomy and variations of the peripheral nerves of the leg and foot. Arch Surg 1938;36(4):626-636.
- (54) Havel PE, Ebraheim NA, Clark SE, Jackson WT, DiDio L. Tibial nerve branching in the tarsal tunnel. Foot Ankle 1988;9(3):117.
- (55) Chin KJ, Wong NWY, MacFarlane AJR, Chan VWS. Ultrasound-guided versus anatomic landmark-guided ankle blocks: A 6-year retrospective review. Reg Anesth Pain Med 2011;36(6):611-618.

- (56) Nieto Farrán S. Anestesia del pie. Bloqueos tronculares y locorreregionales. Cirugía mínimamente invasiva del pie Barcelona: Editorial Glosa, S.L.; 2017. p. 41-46.
- (57) Delgado-Martinez AD, Marchal-Escalona JM. Supramalleolar ankle block anesthesia and ankle tourniquet for foot surgery. *Foot & ankle international* 2001;22(10):836.
- (58) Larrabure P, Pandin PC, Vancutsem N, Vandesteene A. Tibial nerve block: Evaluation of a novel midleg approach in 241 patients. *Canadian Journal of Anesthesia* 2005;52(3):276-280.
- (59) Doty Jr R, Sukhani R, Kendall MC, Yaghmour E, Nader A, Brodskaja A, et al. Evaluation of a proximal block site and the use of nerve-stimulator-guided needle placement for posterior tibial nerve block. *Anesth Analg* 2006;103(5):1300-1305.
- (60) Gamie Z, Donnelly L, Tsiridis E. The "Safe Zone" in medial percutaneous calcaneal pin placement. *Clinical Anatomy* 2009;22(4):523-529.
- (61) Ghosh SK, Raheja S, Tuli A. Potential sites of compression of tibial nerve branches in foot: A cadaveric and imaging study. *Clinical Anatomy* 2013;26(6):768-779.
- (62) Falyar CR. Ultrasound-Guided Ankle Blocks: A Review of Current Practices. *AANA J* 2015;83(5):357-364.
- (63) Fredrickson MJ, White R, Danesh-Clough TK. Low-volume ultrasound-guided nerve block provides inferior postoperative analgesia compared to a higher-volume landmark technique. *Reg Anesth Pain Med* 2011;36(4):393.
- (64) Redborg KE, Antonakakis JG, Beach ML, Chinn CD, Sites BD. Ultrasound Improves the Success Rate of a Tibial Nerve Block at the Ankle. *Reg Anesth Pain Med* 2009;34(3):256-260.
- (65) Rudkin GE, Rudkin AK, Dracopoulos GC. Ankle block success rate: A prospective analysis of 1,000 patients. *Canadian Journal of Anesthesia* 2005;52(2):209-210.
- (66) Frampton CL, P. The Measurement of Pain. *Clin Oncol* 2011;23(6):381-386.
- (67) Serrano-Atero MS, Caballero J, Cañas A, García-Saura PL, Serrano-Álvarez C, Prieto J. Valoración del dolor (II). *Revista de la Sociedad Española del Dolor* 2002;9(2):109-121.
- (68) Chien, Chi-Wen|Bagraith, Karl S.|Khan, Asaduzzaman|Deen, Michael|Strong, Jenny. Comparative Responsiveness of Verbal and Numerical Rating Scales to Measure Pain Intensity in Patients With Chronic Pain. *Journal of Pain* 2013;14(12):1653-1662.
- (69) Winkelman C, Norman D, Maloni JA, Kless JR. Pain measurement during labor: comparing the visual analog scale with dermatome assessment. *Applied Nursing Research* 2008;21(2):104-109.
- (70) Li L, Liu X, Herr K. Postoperative Pain Intensity Assessment: A Comparison of Four Scales in Chinese Adults. *Pain Medicine* 2007;8(3):223-234.
- (71) Briggs M, Closs JS. A Descriptive Study of the Use of Visual Analogue Scales and Verbal Rating Scales for the Assessment of Postoperative Pain in Orthopedic Patients. *J Pain Symptom Manage* 1999;18(6):438-446.
- (72) Emshoff R, Emshoff I, Bertram S. Clinically important difference thresholds of the visual analog scale: A conceptual model for identifying meaningful intraindividual changes for pain intensity. *Pain* 2011;152(10):2277-2282.
- (73) Park TA, Del Toro DR. Isolated inferior calcaneal neuropathy. *Muscle and Nerve* 1996;19(1):106-108.

- (74) Schabort D, Boon JM, Becker PJ, Meiring JH. Easily identifiable bony landmarks as an aid in targeted regional ankle blockade. *Clinical Anatomy* 2005;18(7):518-526.
- (75) Tsui BCH, Finucane BT. The Importance of Ultrasound Landmarks: A “Traceback” Approach Using the Popliteal Blood Vessels for Identification of the Sciatic Nerve. *Reg Anesth Pain Med* 2006;31(5):481-482.
- (76) PALMISANI S, ARCIONI R, DI BENEDETTO P, DE BLASI RA, MERCIERI M, RONCONI P. Ropivacaine and levobupivacaine for bilateral selective ankle block in patients undergoing hallux valgus repair. *Acta Anaesthesiol Scand* 2008;52(6):841-844.
- (77) Sarrafian SK, Ibrahim IN, Breihan JH. Ankle-foot peripheral nerve block for mid and forefoot surgery. *Foot and Ankle* 1983;4(2):86-90.
- (78) Schabort D, Boon JM, Becker PJ, Meiring JH. Easily identifiable bony landmarks as an aid in targeted regional ankle blockade. *Clinical Anatomy* 2005;18(7):518-526.
- (79) Murphy MF. Regional anesthesia in the emergency department. *Emerg Med Clin North Am* 1988;6(4):783.
- (80) Redborg KE, Sites BD, Chinn CD, Gallagher JD, Ball PA, Antonakakis JG, et al. Ultrasound Improves the Success Rate of a Sural Nerve Block at the Ankle. *Reg Anesth Pain Med* 2009;34(1):24-28.
- (81) Soares LG, Brull R, Chan VW. Teaching an old block a new trick: ultrasound-guided posterior tibial nerve block. *Acta Anaesthesiol Scand* 2008;52(3):446-447.
- (82) Antonakakis JG, Scalzo DC, Jorgenson AS, Figg KK, Ting P, Zuo Z, et al. Ultrasound does not improve the success rate of a deep peroneal nerve block at the ankle. *Reg Anesth Pain Med* 2010;35(2):217.
- (83) Clattenburg E, Herring A, Hahn C, Johnson B, Nagdev A. ED ultrasound-guided posterior tibial nerve blocks for calcaneal fracture analgesia. *Am J Emerg Med* 2016;34(6):1183.e3.
- (84) Burke CJ, Adler RS. Tibial Nerve Block Using an Ultrasound-Guided Inframalleolar Medial Plantar Nerve Perineural Injection: A Technical Note. *Journal of Clinical Ultrasound* 2017;45(3):134-137.
- (85) Lee J, Lee B, Lee MY, An X, Han S. The significance of tibial and common peroneal nerves in nerve blocks. *Surgical and Radiologic Anatomy* 2013;35(3):211-215.



## 8. ANEXOS



## ANEXO 1. CERTIFICADO DE COMITÉ DE ÉTICA

VNIVERSITAT  
ID VALÈNCIA Vicerectorat  
d'Investigació i Política Científica

**D. Pedro Jesús Pérez Zafrilla**, Profesor Contratado Doctor Interino del departamento de Filosofía, y Presidente del Comité Ético de Investigación en Humanos de la Comisión de Ética en Investigación Experimental de la Universitat de València,

### CERTIFICA:

Que el Comité Ético de Investigación en Humanos, en la reunión celebrada el día 7 de noviembre de 2016, una vez estudiado el proyecto de tesis doctoral titulado: *"Estudio descriptivo y experimental del bloqueo del nervio tibial. Eficacia analgésica de la técnica retromaleolar y supramaleolar"*, número de procedimiento H1477566491165, cuya responsable es Dña. María Benimeli Fenollar, dirigida por D. Cecili Macián Romero, D. José Manuel Almerich Silla y D. José María Montiel Company, ha acordado informar favorablemente el mismo dado que se respetan los principios fundamentales establecidos en la Declaración de Helsinki, en el Convenio del Consejo de Europa relativo a los derechos humanos y cumple los requisitos establecidos en la legislación española en el ámbito de la investigación biomédica, la protección de datos de carácter personal y la bioética.

Y para que conste, se firma el presente certificado en Valencia, a quince de noviembre de dos mil dieciséis.



## ANEXO 2. DOCUMENTO DE INFORMACIÓN Y CONSENTIMIENTO PARA EL SUJETO

**ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN: Estudio descriptivo y experimental del nervio tibial.  
Análisis descriptivo del nervio tibial mediante técnica ecográfica.**

### **Información al sujeto de experimentación**

La ecografía es un procedimiento diagnóstico que permite obtener una imagen bidimensional o tridimensional de órganos internos mediante el registro del eco de ondas electromagnéticas o acústicas (ultrasonidos) enviadas hacia el lugar que se examina.

El **objetivo** del presente estudio es realizar una **descripción ecográfica del nervio tibial**, nervio que da sensibilidad a toda la zona plantar del pie y que presenta mayor dificultad para conseguir un bloqueo anestésico efectivo debido a su recorrido anatómico. Con ello se persigue determinar la distancia del tronco nervioso respecto a dos puntos anatómicos de referencia, la profundidad del nervio y su ubicación dentro del paquete vasculonervioso. Otro objetivo del presente estudio es conocer cómo influyen el sexo, el peso, la altura y el IMC sobre las variables de posición del nervio. El fin último es establecer unas **coordenadas de punción** para mejorar la eficacia del bloqueo anestésico del nervio tibial.

Para participar en el estudio se debe firmar un **consentimiento informado**. La participación en el mismo no conlleva **ningún riesgo** ya que se trata de una técnica exploratoria inocua y no invasiva. Usted únicamente debe permanecer acostado sobre la camilla de exploración mientras el explorador desliza el transductor sobre la piel de la cara interna del pie y tobillo.

Debe saber que su participación en el presente estudio es voluntaria y que puede decidir no participar y retirar el consentimiento en cualquier momento, sin que por ello se altere la relación con su podóloga ni se produzca perjuicio alguno en su tratamiento.

La investigadora principal del estudio es la podóloga María Benimeli Fenollar, profesora colaboradora de la UV. El estudio se realiza en las instalaciones de la Clínica Podológica de la Universitat de València y no está financiado por ningún laboratorio. Los sujetos que pueden formar parte de la muestra del estudio son los pacientes y el cuerpo laboral y asistencial de dicha institución sanitaria. No hay remuneración por participación.

El teléfono de contacto para cualquier aclaración es el siguiente: XXXXXXXX

**CONSENTIMIENTO INFORMADO ESTUDIO ECOGRÁFICO NERVIU TIBIAL**

Nombre y apellidos del sujeto.....NºHistorial.....  
Representante legal, si procede.....D.N.I.....  
Podólogo/a que informa.....NºColegiado.....

**DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO**

Después de que usted se coloque acostado en la camilla de exploración, el explorador aplicará un gel tibio en la cara interna del tobillo. El gel conductor ayudará a que el transductor haga contacto en forma segura sobre el cuerpo y elimine bolsas de aire entre el transductor y la piel que pueden obstruir el paso de las ondas sonoras hacia su cuerpo. El transductor se coloca sobre su pie y se mueve hacia arriba y abajo por la zona de interés hasta capturar las imágenes deseadas. En muy raras ocasiones se producen molestias debidas a la presión aplicada a medida que el transductor se presiona contra la zona que está siendo examinada. Una vez finalizado el proceso de captura de imágenes, se procederá a retirar el gel de ultrasonido de su piel.

**RIESGOS DEL ESTUDIO ECOGRÁFICO**

No se conocen efectos nocivos en humanos con respecto a los ultrasonidos de diagnóstico estándares.

**RIESGOS PERSONALES**

.....  
.....  
.....  
.....

**CONTRAINDICACIONES Y ADVERTENCIAS IMPORTANTES**

Si es Ud. portador de marcapasos cardíaco, adviértanoslo, porque está contraindicado el uso de aparatos de ultrasonidos en estos casos.

**CONSENTIMIENTO**

D/Dña.....con D.N.I.....

Declaro que he sido informado de los riesgos y complicaciones del estudio ecográfico y que me han explicado el procedimiento. Estoy satisfecho con la información recibida, he podido formular todas las preguntas que he creído conveniente y me han aclarado las dudas planteadas en un lenguaje claro y sencillo.

En consecuencia, doy mi Consentimiento para la realización del estudio ecográfico del nervio tibial. Mi aceptación es voluntaria y puedo retirar este consentimiento cuando lo crea oportuno, sin que esta decisión repercuta en mis decisiones posteriores.

Autorizo para utilizar el material gráfico e información de mi Historia Clínica con fines docentes y científicos, preservando siempre su anonimato.

En Valencia, a        de                    20

Firma del sujeto

Firma del podólogo/a

Nombre y DNI del representante legal en caso de incapacidad del paciente (familiar, tutor, etc.)

Nombre:.....D.N.I.....

Firma del representante legal (familiar, tutor, etc.)

Yo,.....podóloga, col. 2502, he informado al sujeto del objeto y naturaleza de la actuación que se va a realizar, explicándole al mismo los riesgos, complicaciones y alternativas posibles.

En Valencia, a        de                    20

Firma de la podóloga

**REVOCACIÓN DEL CONSENTIMIENTO**

Revoco el consentimiento prestado en fecha..... y **RECHAZO** participar en el estudio ecográfico del nervio tibial.

En Valencia, a        de                    20

Firma del sujeto o su representante legal y D.N.I

Nombre:.....D.N.I.....

Firma de la Podóloga

### ANEXO 3. DOCUMENTO DE INFORMACIÓN Y CONSENTIMIENTO PARA EL SUJETO DE EXPERIMENTACIÓN

#### **ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN: Estudio descriptivo y experimental del bloqueo del nervio tibial. Eficacia anestésica de la técnica retromaleolar y supramaleolar.**

##### **Información al sujeto de experimentación**

El procedimiento anestésico representa el primer eslabón del acto quirúrgico. La experiencia que tenga el paciente del mismo puede condicionar sobremanera tanto el desarrollo del procedimiento quirúrgico como la satisfacción del paciente con la asistencia prestada.

El **objetivo** del presente estudio es comparar la eficacia anestésica de dos técnicas de bloqueo del nervio tibial, la técnica supramaleolar y la técnica retromaleolar. Con ello se persigue determinar la tasa de éxito de cada una de las dos técnicas, la extensión del territorio anestesiado y el tiempo de analgesia que proporciona cada uno de los dos tipos de bloqueo. Conocer el grado de confort del paciente durante la punción con la técnica supramaleolar y la técnica retromaleolar es otro objetivo clave del presente estudio. El fin último es mejorar la **calidad asistencial del procedimiento anestésico del pie**.

Para participar en el estudio debe firmar un **consentimiento informado** de anestesia locorreional. La participación voluntaria como sujeto sano en el presente estudio conlleva las siguientes **consecuencias**:

- Debe acudir en estado de ayuno durante 6 horas para sólidos y 2 horas para líquidos, y vestir ropa cómoda para garantizar la exposición óptima de la región anatómica donde está programado realizar el bloqueo anestésico del nervio tibial.
- Es necesario establecer un control anestésico de la respuesta a los fármacos empleados y de las constantes vitales. Por ello, debe permanecer en las instalaciones de la clínica podológica durante todo el proceso anestésico hasta que remita el efecto del anestésico local administrado.

Los **riesgos** derivados de las dos técnicas anestésicas sometidas a estudio son comunes al resto de técnicas anestésicas del pie, siendo en todos los casos muy poco frecuentes. Las complicaciones más frecuentes, a pesar de su baja incidencia, es la presencia de trastornos de la sensibilidad pasajeros por daño neurológico tras la punción. Otros riesgos que se pueden derivar del acto anestésico es la presencia de hematoma y/o infección en el punto de punción.

Debe saber que su **participación** en el presente estudio es voluntaria y que puede decidir no participar y retirar el consentimiento en cualquier momento sin que por ello se altere la relación con la investigadora principal del estudio.

La investigadora principal del estudio es la podóloga María Benimeli Fenollar, profesora colaboradora de la UV. El estudio se realiza en las instalaciones de la Clínica Podológica de la Universitat de València y no está financiado por ningún laboratorio. Los sujetos que pueden formar parte de la muestra del estudio son todo el personal laboral y asistencial de la Clínica Podológica de la Universitat de València que, tras cumplir una serie de criterios de inclusión, accedan a participar de manera voluntaria en el estudio. No hay remuneración por participación.

El teléfono de contacto para cualquier aclaración es el siguiente: XXXXXXXXXX

### **Compromiso de confidencialidad**

La documentación clínica de todos los usuarios de la Clínica Podológica de la Universitat de València es propiedad de dicho centro asistencial. De acuerdo con la ley 1/2003 de 28 de Enero de la Generalitat de Derechos e Información al Paciente de la Comunidad Valenciana, todos los usuarios tienen derecho a conocer toda la información obtenida sobre su salud en cualquier intervención asistencial.

La investigadora principal del estudio, María Benimeli Fenollar, y la Clínica Podológica de la Universitat de València adoptarán las medidas oportunas para garantizar la confidencialidad de los datos referentes a la salud de los sujetos de la muestra, de acuerdo con la Ley De Protección de Datos de carácter personal (LOPD) del 15/1999, de 13 de Diciembre. El sujeto del estudio, por su parte, otorga permiso a la investigadora principal para acceder a la información de él generada durante el estudio con finalidades docentes y de investigación.

<b>CONSENTIMIENTO INFORMADO DE ANESTESIA LOCORREGIONAL SIN SEDACIÓN</b>
---

Nombre y apellidos del sujeto de experimentación.....  
.....Nº Historial.....  
Representante legal, si procede.....  
.....D.N.I.....  
Podólogo/a que informa.....Nº Colegiado.....

## DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

La anestesia es un procedimiento que permite realizar una intervención quirúrgica o una exploración diagnóstica sin dolor mediante la administración de medicamentos con la máxima seguridad y confort del paciente bajo la vigilancia del podólogo/a durante todo el procedimiento anestésico del pie.

Durante la anestesia locorregional se administrará el fármaco anestésico en un lugar próximo al tronco nervioso del nervio tibial a la altura del tobillo. En todo momento usted permanecerá despierto y consciente. La acción del anestésico local producirá una insensibilización de la zona anestesiada que es pasajera (de 2 a 4 horas), preservándose en todo momento la función motora (muscular) del pie. Durante el tiempo que dure el proceso anestésico, el podólogo/a responsable del mismo controlará la respuesta a los fármacos administrados.

**Anestésicos locales empleados:** .....

## RIESGOS DE LA ANESTESIA LOCORREGIONAL

Cualquier técnica anestésica conlleva riesgos. Los riesgos específicos de la anestesia locorregional del pie son los que se especifican a continuación:

- Hematoma, hemorragia o infección en la zona de punción.
- Trastornos de la sensibilidad con sensación de acorchamiento, hormigueo y/o parálisis de los miembros anestesiados, generalmente pasajeros. La posibilidad de daño neurológico permanente es muy baja y habitualmente en relación con trastornos de la coagulación o alteraciones anatómicas previas.
- En ocasiones excepcionales, el fármaco anestésico puede pasar a la circulación sanguínea y provocar hipotensión arterial y convulsiones, pudiendo llegar a parada cardio-respiratoria.
- Algunas personas pueden tener hipersensibilidad (alergia) a los anestésicos locales administrados o a alguna otra sustancia presente en la solución anestésica, sin saberlo.

### RIESGOS PERSONALES

Además de los riesgos citados, por las características individuales de su proceso, en su caso pueden presentarse complicaciones como:

.....

.....

.....

.....

.....

### CONTRAINDICACIONES Y ADVERTENCIAS IMPORTANTES

- Si tiene, o cree tener, **alergia al látex** debe advertirnoslo porque la mayoría de los guantes lo contienen.
- Si ha tenido, o cree tener, **alergia o algún tipo de intolerancia o reacción anormal a los anestésicos locales**, debe hacérselo saber inmediatamente.
- Si tiene **hipertensión o diabetes**, no se olvide de indicárnoslo, ya que determinados componentes de los anestésicos locales pueden exacerbársela.
- Si tiene **problemas de coagulación o está tomando anticoagulantes, antiagregantes plaquetarios**, aspirina o antiinflamatorios, debe advertirnoslo para adoptar las precauciones y medidas específicas.
- Advértanos si tiene Vd. alguna enfermedad cardíaca que aconseje hacer **profilaxis frente a la endocarditis bacteriana** (fiebre reumática, válvulas cardíacas artificiales, etc.).
- Si es Vd. portador de **marcapasos cardíaco**, advértanoslo, porque está contraindicado el uso de aparatos de ultrasonidos para la localización de los troncos nerviosos.

**CONSENTIMIENTO**

D/Dña.....con D.N.I.....

Declaro que he sido informado de los riesgos y complicaciones de la anestesia locorregional y que me han explicado las posibles alternativas. Estoy satisfecho con la información recibida, he podido formular todas las preguntas que he creído conveniente y me han aclarado las dudas planteadas en un lenguaje claro y sencillo.

En consecuencia, doy mi Consentimiento para la realización del bloqueo anestésico del nervio tibial. Mi aceptación es voluntaria y puedo retirar este consentimiento cuando lo crea oportuno, sin que esta decisión repercuta en mis decisiones posteriores.

Autorizo para utilizar el material gráfico e información de mi Historia Clínica con fines docentes y científicos, preservando siempre su anonimato.

En Valencia, a        de                    20

Firma del sujeto de experimentación

Firma del podólogo/a

Nombre y DNI del representante legal en caso de incapacidad del paciente (familiar, tutor, etc.)

Nombre:.....D.N.I.....

Firma del representante legal (familiar, tutor, etc.)

Yo,.....podóloga, col. 2502, he informado al sujeto de experimentación del objeto y naturaleza de la actuación que se va a realizar, explicándole al sujeto de estudio los riesgos, complicaciones y alternativas posibles.

En Valencia, a        de                    20

Firma de la podóloga

**REVOCACIÓN DEL CONSENTIMIENTO**

Revoco el consentimiento prestado en fecha..... y **RECHAZO** la anestesia locorregional.

En Valencia, a        de                    20

Firma del sujeto de experimentación o su representante legal y D.N.I

Nombre:.....D.N.I.....

Firma de la Podóloga

## ANEXO 4. DOCUMENTO DE INFORMACIÓN Y CONSENTIMIENTO PARA EL PACIENTE

**ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN: Estudio descriptivo y experimental del bloqueo del nervio tibial. Eficacia anestésica de la técnica retromaleolar y supramaleolar.**

### **Información al sujeto de experimentación**

El procedimiento anestésico representa el primer eslabón del acto quirúrgico. La experiencia que tenga el paciente del mismo puede condicionar sobremanera tanto el desarrollo del procedimiento quirúrgico como la satisfacción del paciente con la asistencia prestada.

El **objetivo** del presente estudio es comparar la eficacia anestésica de dos técnicas de bloqueo del nervio tibial posterior, la técnica supramaleolar y la técnica retromaleolar. Con ello se persigue determinar el la tasa de éxito de cada una de las dos técnicas, la extensión del territorio anestesiado y el tiempo de analgesia que proporciona cada uno de los dos bloqueos. Conocer el grado de confort del paciente durante la punción con la técnica supramaleolar y la técnica retromaleolar es otro objetivo clave del presente estudio. El fin último es mejorar la **calidad asistencial del procedimiento anestésico del pie**.

Para participar en el estudio debe firmar un **consentimiento informado** de anestesia loco-regional. La participación en el mismo no conlleva ninguna **consecuencia** añadida con respecto a otras técnicas anestésicas del pie. Por “consecuencia añadida” entendemos la necesidad de acudir al acto quirúrgico en ayunas, la necesidad de establecer un control intraquirúrgico de la respuesta a los fármacos empleados y de las constantes vitales o la necesidad de aumentar la vigilancia durante el postoperatorio. Asimismo, los **riesgos** derivados de las dos técnicas anestésicas sometidas a estudio son comunes al resto de técnicas anestésicas del pie, siendo en todos los casos muy poco frecuentes. Las complicaciones más frecuentes, a pesar de su baja incidencia, es la presencia de trastornos de la sensibilidad pasajeros por daño neurológico tras la punción. Los **beneficios** de realizarle estas técnicas anestésicas son un menor número de punciones y un mayor margen de seguridad clínica al necesitar menos dosis de anestésico local.

Debe saber que su **participación** en el presente estudio es voluntaria y que puede decidir no participar y retirar el consentimiento en cualquier momento, sin que por ello se altere la relación con su podólogo/a ni se produzca perjuicio alguno en su tratamiento.

La investigadora principal del estudio es la podóloga María Benimeli Fenollar, profesora colaboradora de la UV. El estudio se realiza en las instalaciones de la Clínica Podológica de la Universitat de València y no está financiado por ningún laboratorio. Los sujetos que pueden formar parte de la muestra del estudio, son aquellos pacientes de dicha institución asistencial que vayan a ser sometidos a un procedimiento quirúrgico, tras cumplir una serie de criterios de inclusión. No hay remuneración por participación. El teléfono de contacto para cualquier aclaración es el siguiente: XXXXXXXX

### **Compromiso de confidencialidad**

La documentación clínica de todos los usuarios de la Clínica Podológica de la Universitat de València es propiedad de dicho centro asistencial. De acuerdo con la ley 1/2003 de 28 de Enero de la Generalitat de Derechos e Información al Paciente de la Comunidad Valenciana, todos los usuarios tienen derecho a conocer toda la información obtenida sobre su salud en cualquier intervención asistencial.

La investigadora principal del estudio, María Benimeli Fenollar, y la Clínica Podológica de la Universitat de València adoptarán las medidas oportunas para garantizar la confidencialidad de los datos referentes a la salud de los sujetos de la muestra, de acuerdo con la Ley De Protección de Datos de carácter personal (LOPD) del 15/1999, de 13 de Diciembre. El sujeto del estudio, por su parte, otorga permiso a la investigadora principal para acceder a la información de él generada durante el estudio con finalidades docentes y de investigación.

<b>CONSENTIMIENTO INFORMADO DE ANESTESIA LOCAL REGIONAL SIN SEDACIÓN</b>
--

Nombre y apellidos del paciente.....  
.....Nº Historial.....  
Representante legal, si procede.....  
.....D.N.I.....  
Podólogo/a que informa.....Nº Colegiado.....

## DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

La anestesia es un procedimiento que permite realizar una intervención quirúrgica o una exploración diagnóstica sin dolor mediante la administración de medicamentos con la máxima seguridad y confort del paciente bajo la vigilancia del podólogo/a durante todo el procedimiento quirúrgico del pie.

Durante la anestesia locorregional se administrará el fármaco anestésico en un lugar próximo al tronco nervioso del nervio tibial posterior a la altura del tobillo. En todo momento usted permanecerá despierto y consciente. La acción del anestésico local producirá una insensibilización de la zona anestesiada que es pasajera (de 2 a 4 horas), preservándose en todo momento la función motora (muscular) del pie.

Durante el tiempo que dure la intervención, el podólogo/a responsable del procedimiento anestésico valorará los requerimientos anestésicos y controlará la respuesta a los fármacos administrados y a la intervención quirúrgica.

### **Anestésicos locales empleados:**

## RIESGOS DE LA ANESTESIA LOCORREGIONAL

Cualquier técnica anestésica conlleva riesgos. Los riesgos específicos de la anestesia loco-regional del pie son los que se especifican a continuación:

- Hematoma, hemorragia o infección en la zona de punción.
- Trastornos de la sensibilidad con sensación de acorchamiento, hormigueo y/o parálisis de los miembros anestesiados, generalmente pasajeros. La posibilidad de daño neurológico permanente es muy baja y habitualmente en relación con trastornos de la coagulación o alteraciones anatómicas previas.
- En ocasiones excepcionales, el fármaco anestésico puede pasar a la circulación sanguínea y provocar hipotensión arterial, convulsiones...pudiendo llegar a parada cardio-respiratoria.
- Algunas personas pueden tener hipersensibilidad (alergia) a los anestésicos locales administrados o a alguna otra sustancia presente en la solución anestésica, sin saberlo.

## RIESGOS PERSONALES

Además de los riesgos citados, por las características individuales de su proceso, en su caso pueden presentarse complicaciones como:

.....

.....

.....

.....

.....

## CONTRAINDICACIONES Y ADVERTENCIAS IMPORTANTES

- Si tiene, o cree tener, **alergia al látex** debe advertirnoslo porque la mayoría de los guantes lo contienen.
- Si ha tenido, o cree tener, **alergia o algún tipo de intolerancia o reacción anormal a los anestésicos locales**, debe hacérselo saber inmediatamente.
- Si tiene **hipertensión o diabetes**, no se olvide de indicárnoslo, ya que determinados componentes de los anestésicos locales pueden exacerbarsela.
- Si tiene **problemas de coagulación o está tomando anticoagulantes, antiagregantes plaquetarios**, aspirina o antiinflamatorios, debe advertirnoslo para adoptar las precauciones y medidas específicas.
- Advértanos si tiene Vd. alguna enfermedad cardíaca que aconseje hacer **profilaxis frente a la endocarditis bacteriana** (fiebre reumática, válvulas cardíacas artificiales, etc.).
- Si es Vd. portador de **marcapasos cardíaco**, advértanoslo, porque está contraindicado el uso de aparatos de ultrasonidos para la localización de los troncos nerviosos.

**CONSENTIMIENTO**

D/Dña.....con D.N.I.....

Declaro que he sido informado de los riesgos y complicaciones de la anestesia locorregional y que me han explicado las posibles alternativas. Estoy satisfecho con la información recibida, he podido formular todas las preguntas que he creído conveniente y me han aclarado las dudas planteadas en un lenguaje claro y sencillo.

En consecuencia, doy mi Consentimiento para la realización del bloqueo anestésico del nervio tibial. Mi aceptación es voluntaria y puedo retirar este consentimiento cuando lo crea oportuno, sin que esta decisión repercuta en mis decisiones posteriores.

Autorizo para utilizar el material gráfico e información de mi Historia Clínica con fines docentes y científicos, preservando siempre su anonimato.

En Valencia, a        de                    20

Firma del paciente

Firma del podólogo/a

Nombre y DNI del representante legal en caso de incapacidad del paciente (familiar, tutor, etc.)

Nombre:.....

D.N.I.....

Firma del representante legal (familiar, tutor, etc.)

Yo,.....podóloga, col. 2502, he informado al paciente del objeto y naturaleza de la actuación que se va a realizar, explicándole al paciente los riesgos, complicaciones y alternativas posibles.

En Valencia, a        de                    20

Firma de la podóloga

**REVOCACIÓN DEL CONSENTIMIENTO**

Revoco el consentimiento prestado en fecha..... y **RECHAZO** la anestesia locorregional.

En Valencia, a        de                    20

Firma del paciente o su representante legal y D.N.I

Nombre:.....D.N.I.....

Firma de la Podóloga

## ANEXO 5. HOJA DE REGISTRO ESTUDIO ANATÓMICO DEL NERVI TIBIAL SOBRE CADÁVER

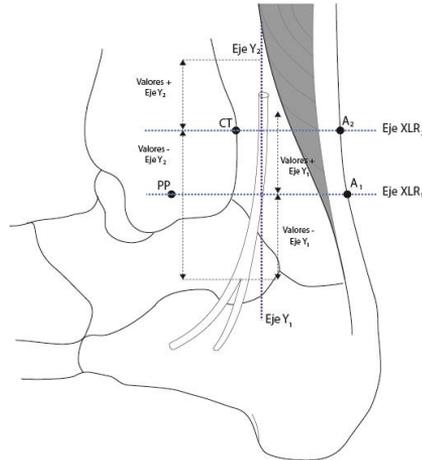
Nº Espécimen:

Género:

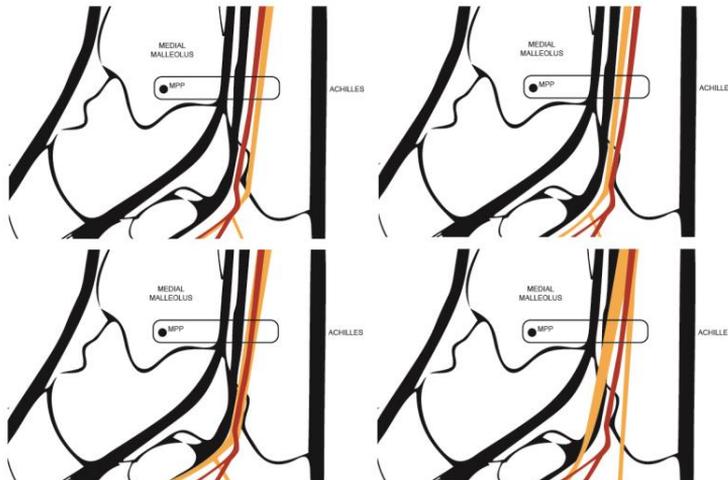
Perímetro maleolar:

Observador:

**Diagrama de la cara interna de tobillo. Puntos óseos y líneas de referencia (LR<sub>1</sub> y LR<sub>2</sub>)**

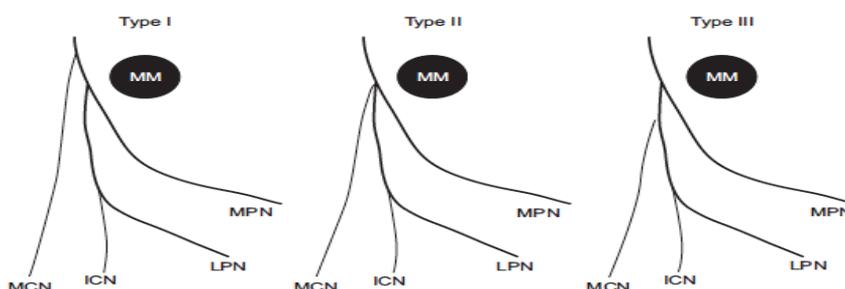


**Tipo de relación entre el N. Tibial y la A. Tibial posterior**



*Tipo de relación anatómica entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior. Tipo I: El nervio tibial se localiza posterior a la arteria tibial posterior. Tipo II: El nervio tibial se ubica anterior a la arteria tibial posterior. Tipo III: El nervio tibial se ubica en una posición lateral respecto a la arteria tibial posterior. Tipo IV: Se observa una bifurcación del nervio tibial. Fuente: elaboración propia.*

### Patrón de bifurcación del Nervio Tibial



**Tipo I**, el nervio calcáneo medial se origina proximal al nervio plantar interno y nervio plantar externo. **Tipo II**, mismo punto de bifurcación para el nervio plantar interno, el nervio plantar externo y el nervio calcáneo medial (origen múltiple). **Tipo III**, el punto de bifurcación del nervio calcáneo medial es distal al nervio plantar medial y al nervio plantar lateral

Patrón de bifurcación N. Tibial	Tipo:	
	Número	Origen
Ramas NCM		
Ramas NCI		

### Mediciones realizadas en el eje X retromaleolar (XLR<sub>1</sub>) y supramaleolar (XLR<sub>2</sub>)

Mediciones realizadas en el Eje X			
Eje	Abreviatura medición	Observador 1	Observador 2
XLR <sub>1</sub>	PP-A <sub>1</sub>		
	PP-NT		
	PP-ATP		
XLR <sub>2</sub>	CT-A <sub>2</sub>		
	CT-NT		
	CT-ATP		

**Mediciones realizadas en el eje Y retromaleolar (Y<sub>1</sub>) y supramaleolar (Y<sub>2</sub>)**

Mediciones realizadas en el Eje Y			
Eje	Abreviatura medición	Observador 1	Observador 2
Eje Y <sub>1</sub>	LR <sub>1</sub> -NPI		
	LR <sub>1</sub> -NPE		
	LR <sub>1</sub> -RCM <sub>1</sub>		
	LR <sub>1</sub> -RCM <sub>2</sub>		
	LR <sub>1</sub> -RCM <sub>3</sub>		
	LR <sub>1</sub> -RCI <sub>1</sub>		
	LR <sub>1</sub> -RCI <sub>2</sub>		
Eje Y <sub>2</sub>	LR <sub>2</sub> -NPI		
	LR <sub>2</sub> -NPE		
	LR <sub>2</sub> -RCM <sub>1</sub>		
	LR <sub>2</sub> -RCM <sub>2</sub>		
	LR <sub>2</sub> -RCM <sub>3</sub>		
	LR <sub>2</sub> -RCI <sub>1</sub>		
	LR <sub>2</sub> -RCI <sub>2</sub>		

**ANEXO 6. HOJA DE REGISTRO ESTUDIO ECOGRÁFICO NERVIIO TIBIAL**
**Sujeto nº :**
**Perímetro maleolar:**
**Sexo:**
**Peso:**
**Edad:**
**Altura:**

Variable	P.D.
<b>Punto más prominente maléolo medial</b>	
Distancia desde punto óseo de referencia hasta punto central nervio tibial (cm)	
Perímetro del nervio tibial (cm)	
Profundidad del nervio tibial (cm)	
Posición del nervio tibial dentro del paquete vasculonervioso	
<b>4 cm proximal borde inferior maléolo medial</b>	
Distancia desde el punto óseo de referencia hasta punto central nervio tibia (cm)	
Perímetro del nervio tibial (cm)	
Profundidad del nervio tibial (cm)	
Posición del nervio dentro del paquete vasculonervioso.	

**Tipo de relación anatómica entre el nervio tibial y la arteria tibial posterior.** Tipo I: El nervio tibial se localiza posterior a la arteria tibial posterior. Tipo II: El nervio tibial se ubica anterior a la arteria tibial posterior. Tipo III: El nervio tibial se ubica en una posición lateral respecto a la arteria tibial posterior. Tipo IV: Se observa una bifurcación del nervio tibial. Fuente: elaboración propia.

**Observaciones:**

## ANEXO 7. HOJA DE REGISTRO DEL PROCESO ANESTÉSICO DEL NERVIU TIBIAL

N° SUJETO: \_\_\_\_\_ TÉCNICA: \_\_\_\_\_  
 EDAD: \_\_\_\_\_ PESO: \_\_\_\_\_  
 SEXO: \_\_\_\_\_ ALTURA: \_\_\_\_\_

### COORDENADAS DE PUNCIÓN:

- Distancia desde el punto óseo de referencia:
- Profundidad:
- Angulación aguja:

### HORA INICIO:

<b>Punción vascular</b>	Si	No
<b>Punción peri/intraneural</b>	Si	No

<b>Tiempo de latencia relativa</b>	
------------------------------------	--

Eficacia del bloqueo anestésico	Min	Sensibilidad dolorosa		C	Sensibilidad térmica		C
	5	0	1		0	1	
	10	0	1		0	1	
	15	0	1		0	1	
	20	0	1		0	1	
	25	0	1		0	1	
	30	0	1		0	1	

Tiempo de latencia absoluta	C1	C2	C3

<b>Extensión del bloqueo (n° cuadrantes anestesiados)</b> C1: talón / C2:ALI /C3: ALE	
--	--

Resultado anestésico	Bloqueo fallido	Dolor en los 3 cuadrantes pasados los 30 min	
	Bloqueo parcheado	Dolor en algún cuadrante	
	Bloqueo efectivo	Ausencia de dolor en los 3 cuadrantes	

<b>Duración del bloqueo</b>	
-----------------------------	--

<b>Escala EVA dolor postpunción (puntuación 0-10)</b>	
---	--

