

## Neuropatías compresivas de tobillo y pie. Bases anatómicas

Jordi Vega,<sup>\*\*\*</sup> Pau Golanó,<sup>\*\*</sup> Marta Martínez,<sup>\*\*\*</sup> Luis Pérez-Carro,<sup>\*\*\*\*</sup> Mariano de Prado<sup>\*\*\*\*\*</sup>

### INTRODUCCIÓN

En términos generales, se define como neuropatía periférica a aquel cuadro sindrómico derivado de la alteración patológica de uno o varios nervios periféricos.

Las neuropatías por compresión

están incluidas dentro de éstas cuando afectan a un solo nervio. Sin embargo, también puede haber otras causas e inclusive estar combinadas, por ejemplo, con un proceso metabólico y afectar a varios nervios. La compresión puede presentarse en cualquier parte de su trayecto, pero hay regiones que por sus características anatómicas son más susceptibles de causar un atrapamiento.

Desde el punto de vista clínico, estos atrapamientos pueden dividirse en tres estadios: En el primero o inicial el paciente sufre una clínica intermitente, de predominio nocturno, caracterizada por dolor y parestesias en el territorio del nervio afectado. En una fase más avanzada, aparecen hipoestésias y/o disminución de la fuerza más o menos constante y finalmente, en el último estadio, el dolor es constante, hay disminución de la sensibilidad y atrofia muscular. Sin embargo, la clínica que sufre el paciente no sólo va a depender del estadio del atrapamiento, sino de la localización o nivel de éste.

La posibilidad de que se presenten atrapamientos a varios niveles (*double crush syndrome*) o la observación en algunos casos del fenómeno de *Valleix* (irradiación clínica proximal al atrapamiento), hace que con frecuencia pueda pasar desapercibida una neuropatía por compresión al confundirse con otros

#### Objetivos:

- Presentar las neuropatías compresivas que afectan al tobillo y al pie.
- Fundamentar sus orígenes anatómicos
- Proponer alternativas de tratamiento.

\* Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. «La Mútua». Granollers, Barcelona.

\*\* Departamento de Patología y Terapéutica Experimental (Unidad de Anatomía Humana), Univ. de Barcelona.

\*\*\* Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital de Sabadell-Parc Taulí. Sabadell, Barcelona.

\*\*\*\* Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Marqués de Valdecilla y Centro Médico Lealtad. Santander.

\*\*\*\*\* Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. USP San Carlos, Murcia.

Dirección para correspondencia:

Pau Golanó. Dpto. de Patología y Terapéutica Experimental. Unidad de Anatomía Humana. Univ. De Barcelona. Feixa Llarga s/n 08907 L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona) España.

Correo electrónico: pgoiano@ub.edu

procesos patológicos más comunes. Además, no es infrecuente que los estudios complementarios no detecten alteraciones, incluso en el electromiograma. Por estos motivos, un adecuado conocimiento anatómico de los diferentes nervios, de su trayecto y de sus territorios de inervación, tanto motor como sensitivo, es de gran ayuda para su diagnóstico clínico y manejo terapéutico.

El objetivo de este trabajo es dar un amplio conocimiento de las neuropatías compresivas con base anatómica, que afectan a tobillo y pie.

La inervación de tobillo y pie proviene de ramas del nervio ciático, a excepción de un pequeño territorio cutáneo aportado por el nervio safeno, rama del nervio femoral. El nervio ciático es el nervio más largo y voluminoso del cuerpo humano. Es un nervio mixto, resultado de la unión de las ramas ventrales de los nervios lumbares L4-L5 y de los sacros S1-S3. Desde su emergencia en la región glútea, este nervio discurre en sentido distal por la cara posterior del muslo hasta alcanzar la región poplíteica, donde se divide en sus dos ramas terminales: el nervio peroneo común y el nervio tibial. El peroneo común se dividirá posteriormente en sus dos ramas terminales: nervio peroneo profundo y superficial, mientras que el nervio tibial lo hará en sus dos ramas terminales, nervio plantar medial y lateral, a nivel del canal o túnel tarsiano.

Utilizando la nomenclatura anatómica internacional, describiremos los principales nervios y sus ramas, así como aquellas relaciones anatómicas que puedan contribuir a crear una neuropatía compresiva. Para una mayor comprensión de las diferentes alteraciones que se pueden producir durante un atrapamiento neurológico, hemos realizado un apartado previo a la descripción de cada neuropatía, que pretende simplificar los diferentes territorios de inervación motores y sensitivos. No entraremos en aquellas afectaciones neurológicas periféricas compresivas que, aunque también afectan a tobillo y pie, son proximales a la rodilla como las hernias discales o aquellos que causen atrapamientos distales al tarso como la metatarsalgia de Morton, por considerar que son procesos con entidad propia.

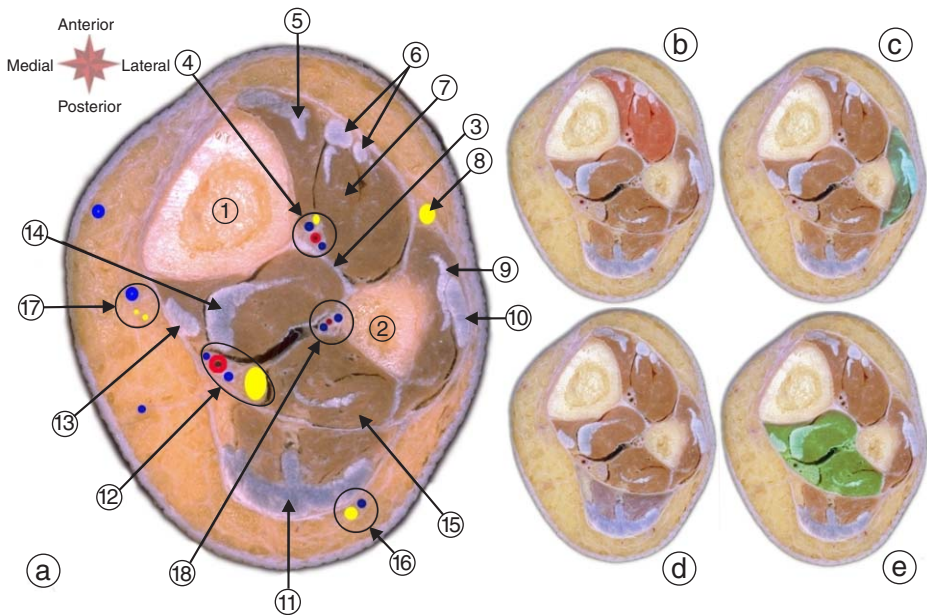
### SIMPLIFICACIÓN ANATÓMICA

El nervio ciático, a través de sus ramas terminales, nervio peroneo común y nervio tibial, es el responsable de toda la inervación motora y sensitiva distal a la rodilla, a excepción de un territorio cutáneo procedente del nervio safeno, rama del nervio femoral. Para el estudio de la inervación motora nos será de gran interés agrupar los músculos en compartimientos (*Figura 1*).

El nervio peroneo común, a través de sus dos ramas terminales, es el responsable de la inervación motora de los compartimientos musculares anterior y lateral de la pierna, y del único músculo situado en el dorso del pie, el músculo extensor corto de los dedos. La rama lateral del nervio peroneo común, el nervio peroneo superficial, proporciona la inervación motora de los músculos del compartimiento lateral (músculo peroneo largo y corto) y de la mayor parte de la inervación sensitiva del dorso del pie (*Figuras 1 y 2*). Por lo tanto, desde el punto de vista motor podemos asociar a este nervio con el movimiento de eversión del

pie y en parte con la flexión plantar del tobillo debido a la situación retromaleolar de los tendones peroneos.

La rama medial del nervio peroneo común, el nervio peroneo profundo, es la responsable de la inervación motora de los músculos del compartimiento anterior de la pierna y del músculo extensor corto de los dedos. Los músculos del compartimiento de la pierna son, de medial a lateral a nivel del tercio distal del tobillo, el músculo tibial anterior, extensor largo del dedo gordo, extensor largo de los dedos y el músculo peroneus tertius. Todos estos músculos, debido a su situación anterior al eje bimaleolar, actuarán como flexores dorsales del tobillo. Los más mediales contribuirán a los movimientos de inversión del pie, de forma especial el músculo tibial anterior, mientras que los más laterales ayudan en la eversión. Aquellos músculos cuyo nombre indique una función, ésta se realizará a nivel de las articulaciones metatarso-falángicas e interfalángicas (extensor largo del dedo gordo, extensor largo y extensor corto de los dedos). En conclusión, el nervio peroneo profundo es el responsable de la flexión dor-



**Figura 1.** Corte transversal a nivel del tercio medio de la pierna. **A.** 1. Tibia. 2. Peroné. 3. Membrana interósea. 4. Paquete vasculonervioso: nervio peroneo profundo, arteria tibial anterior y venas acompañantes. 5. Músculo tibial anterior. 6. Músculo extensor largo de los dedos. 7. Músculo extensor largo del dedo gordo. 8. Nervio peroneo superficial. 9. Músculo peroneo corto. 10. Músculo peroneo largo. 11. Músculo tríceps sural. 12. Paquete vasculonervioso: nervio tibial, arteria tibial posterior y venas acompañantes. 13. Músculo flexor largo de los dedos. 14. Músculo tibial posterior. 15. Músculo flexor largo del dedo gordo. 16. Nervio sural y vena safena menor. 17. Nervio safeno y vena safena mayor. 18. Arteria peronea. **B.** Compartimiento anterior. **C.** Compartimiento lateral. **D.** Compartimiento posterior superficial. **E.** Compartimiento posterior profundo.

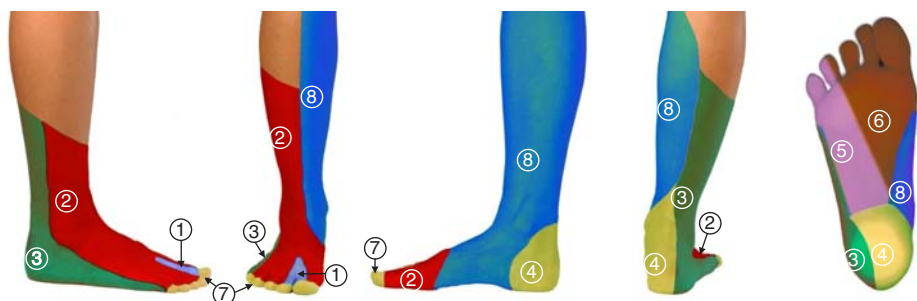
sal del tobillo y de la extensión de los dedos del pie. Desde el punto de vista de su territorio de inervación cutánea, el nervio peroneo profundo cubre de forma característica el dorso del primer espacio intermetatarsiano y del primer espacio interdigital (*Figuras 1 y 2*).

El nervio tibial proporciona la inervación motora de todos los músculos posteriores de la pierna, y a través de sus ramas terminales, nervio plantar lateral y medial, de la musculatura intrínseca plantar. La musculatura posterior de la pierna está formada, en el compartimiento superficial, por el tríceps sural y en el profundo, de medial a lateral, por los músculos tibial posterior, flexor largo de los dedos y flexor largo del dedo gordo, a nivel del tercio distal de la pierna (*Figuras 1 y 2*). El nervio plantar lateral inerva los músculos intrínsecos para el 5º dedo, ubicados en el compartimiento plantar lateral. Mientras que el nervio plantar medial inerva a los músculos intrínsecos del dedo gordo, ubicados en el compartimiento plantar medial. Los músculos del compartimiento plantar central están inervados por uno u otro nervio. Por este motivo, se puede considerar al nervio tibial como responsable de la flexión plantar del tobillo, la inversión del pie y la flexión digital. Su territorio sensitivo cubre prácticamente toda la región posterior de la pierna y plantar del pie.

## NEUROPATÍAS DE TOBILLO Y PIE

### NERVIO PERONEO COMÚN

El nervio peroneo común es la rama terminal lateral del nervio ciático. Desde su emergencia discurre por el borde posterior del tendón del músculo bíceps femoral en dirección al cuello del peroné que alcanza tras perforar el tabique o septo intermuscular sural posterior, situándose entonces entre las fibras de origen del músculo peroneo largo, que le forma un ojal osteofibroso (*Figura 3*). Después de



**Figura 2.** Territorios de distribución sensitiva de tobillo y pie. **1.** Nervio peroneo profundo. **2.** Nervio peroneo superficial. **3.** Nervio sural. **4.** Nervio calcáneo medial, ramo del nervio tibial. **5.** Nervio plantar lateral, ramo del nervio tibial. **6.** Nervio plantar medial, ramo del nervio tibial. **7.** La región dorsal de la zona periungueal depende de ramos plantares procedentes de ramos del nervio tibial. **8.** Nervio safeno.

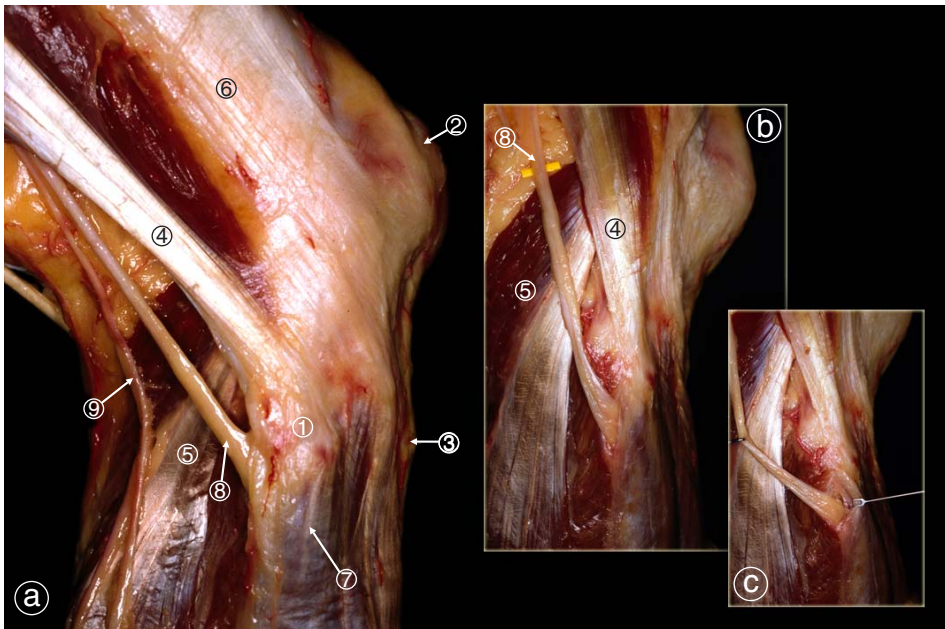
contornear el cuello del peroné, se divide en sus dos ramas terminales, el nervio peroneo superficial y el nervio peroneo profundo.

Durante su trayecto, este nervio proporciona dos ramas, el nervio cutáneo sural lateral y la rama comunicante peronea, ambos sensitivos. El nervio cutáneo sural lateral, proporciona sensibilidad a la cara posterolateral de la rodilla y pierna. La rama comunicante peronea se unirá al nervio cutáneo sural medial, rama del nervio tibial, para formar el nervio sural.

Se debe tener en cuenta que el atrapamiento o compresión de este nervio causará clínica en todas sus ramas, lo que incluye los nervios peroneo superficial y profundo, por lo que su sintomatología será muy amplia.

El atrapamiento del nervio peroneo común no es infrecuente,<sup>1,2</sup> particularmente en la región lateral de la rodilla en su relación con el cuello del peroné. Una de las causas más habituales de compresión es la presencia de un quiste sinovial o ganglión de la articulación tibiofibular proximal.<sup>3,6</sup>

Algunos autores<sup>7,10</sup> refieren la inestabilidad de la articulación tibiofibular proximal como causa de una irritación crónica del nervio peroneo común. Turco<sup>11</sup> ha sugerido el síndrome de la fabela como posible causa de neuropatía. La compresión por el osículo accesorio ubicado en la cabeza lateral del gastrocnemio al



**Figura 3.** Visión lateral de la rodilla. **A.** 1. Cabeza del peroné. 2. Rótula. 3. Tuberosidad anterior de la tibia. 4. Músculo bíceps femoral. 5. Músculo gastrocnemio lateral. 6. Tracto iliotibial. 7. Músculo peroneo largo. 8. Nervio peroneo común. 9. Nervio cutáneo sural lateral. **B.** Detalle Fig. 3.A. **C.** Detalle del nervio peroneo común penetrando en el septo intermuscular lateral para alcanzar los compartimientos anterior y lateral de la pierna.



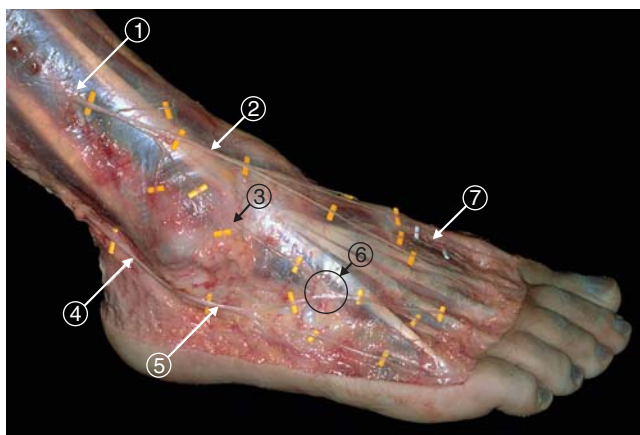
realizar una hiperextensión de la rodilla, sería la causante de la irritación del nervio. Por otro lado, este mismo autor propone que la presencia de una cabeza de peroné prominente puede predisponer, en algunos casos de laxitud ligamentosa de la rodilla, a sufrir una neuritis del nervio peroneo común. Sin embargo, la simple presencia de una cabeza de peroné prominente, sin laxitud ligamentosa acompañante, puede ser causa de irritación del nervio.<sup>1</sup>

Las lesiones traumáticas a nivel del complejo posterolateral de la rodilla, de manera aislada o en el contexto de una luxación, pueden ser responsables de lesión directa del nervio peroneo común.<sup>12,15</sup> No se ha descrito ningún caso de lesión irritativa crónica de este nervio debido a una inestabilidad posterolateral persistente, a pesar de que una inestabilidad a este nivel de la rodilla puede crear cierta tensión del nervio. Fetzter<sup>16</sup> observó un caso de irritación crónica del nervio peroneo común en un paciente afecto de genu varum progresivo en el que la causa era la excesiva tensión del nervio debido a la deformidad en varo de la rodilla.

Algunos autores han observado casos de lesión del nervio peroneo común secundarios a una entorsis severa de tobillo en la que el nervio sufre una importante tracción y lesión hemorrágica a nivel de la bifurcación con el nervio ciático.<sup>17,18</sup>

#### NERVIO PERONEO SUPERFICIAL

El nervio peroneo superficial es un nervio mixto, rama del nervio peroneo común. Desde su origen discurre en sentido distal por el compartimiento lateral



**Figura 4.** Disección de los territorios de distribución sensitiva del dorso de tobillo y pie. 1. Perforación fascial del nervio peroneo superficial. 2. Nervio cutáneo dorsal medial. 3. Nervio cutáneo dorsal lateral. 4. Nervio sural. 5. Nervio cutáneo dorsal lateral. 6. Comunicación entre el nervio peroneo superficial y el nervio sural, en el dorso del pie. La gran variabilidad anatómica de los nervios sensitivos, justifica en ocasiones, que los pacientes puedan mostrar alteraciones sensitivas que no correspondan al patrón descrito como más habitual. 7. Nervio peroneo profundo.

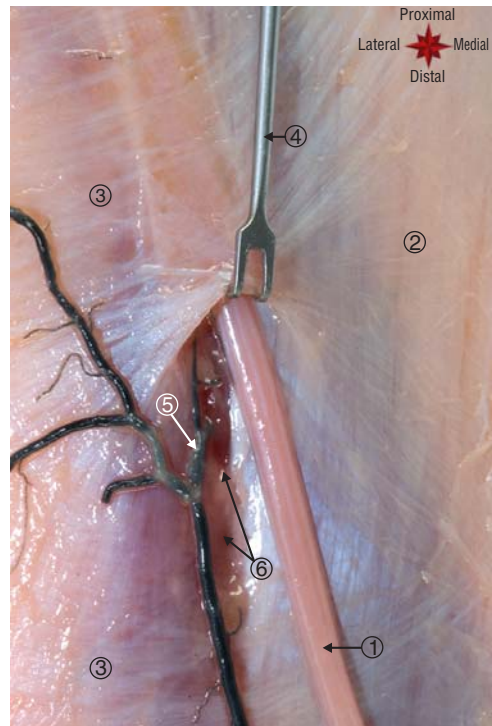
dando ramas motoras a la musculatura de dicho compartimiento (músculo peroneo largo y corto). Durante su trayecto por el compartimiento, discurre por un canal fibroso cuyo origen se halla a nivel proximal tibio-fibular coincidiendo con el origen fibroso del músculo peroneo largo, en forma de arco y adherido al peroné, en este punto, el nervio se introduce en el compartimiento. Una vez realizada la inervación motora, el nervio peroneo superficial emerge perforando la fascia sural a diferentes niveles del tercio distal de la pierna, para actuar como nervio sensitivo. Tras salir del compartimiento lateral, el nervio se divide dando el nervio cutáneo dorsal intermedio y medial del dorso del pie (*Figura 4*).

Se ha descrito una alta variabilidad anatómica en cuanto a la localización y modo de distribución de los ramos terminales sensitivos del nervio peroneo superficial. El punto de perforación fascial se localiza aproximadamente entre los 10 y 13 cm proximales a la punta del maléolo peroneal, justo entre los músculos peroneos y el músculo extensor largo de los dedos (*Figura 5*).<sup>19,20</sup> Se han descrito diferentes patrones de distribución sensitiva de este nervio que deberemos tener presente debido a que justificaría distintos comportamientos clínicos.<sup>21,22</sup>

La compresión del nervio peroneo superficial, es el atrapamiento neurológico más frecuente a nivel de la extremidad inferior.<sup>23</sup> Este nervio es susceptible de atrapamiento tanto a nivel proximal en su entrada al canal fibular, como a nivel distal a la salida del mismo.<sup>24,27</sup> Henry<sup>24</sup> describió por primera vez este atrapamiento en 1945, denominándolo «Mononeuralgia del nervio peroneal superficial».

De este modo, la clínica del paciente va a variar en función del nivel de atrapamiento. En el atrapamiento proximal habrá una afectación motora de los músculos peroneo largo y corto, que no aparecerá en el atrapamiento distal. En ambos casos, la alteración sensitiva se evidenciará.

Se han descrito múltiples causas de atrapamiento del nervio peroneo superficial. Globalmente podemos agrupar estas causas en mecánicas, dinámicas e idiopáticas.



**Figura 5.** Detalle del punto de perforación fascial del nervio peroneo superficial. **1.** Nervio peroneo superficial. **2.** Fascia crural anterior. **3.** Fascia crural lateral. **4.** Erina mostrando el desdoblamiento de la fascia crural para la emergencia del nervio. Obsérvese el refuerzo de fibras que justificarán su capacidad cizallante. **5.** Rama arterial procedente de la arteria peronea (arterias replecionadas con látex de color negro). **6.** Septo intermuscular lateral.

El atrapamiento mecánico puede observarse a nivel proximal por un engrosamiento de la arcada fibrosa peroneal o túnel peroneal a través del cual el nervio alcanza el compartimiento lateral.<sup>25,28</sup> Su atrapamiento a este nivel se ha denominado síndrome del túnel peroneal o fibular. Distalmente, Henry<sup>24</sup> describió el atrapamiento del nervio a su salida del compartimiento lateral por cizallamiento de la fascia sural tras una entorsis de tobillo (*Figura 5*).

El atrapamiento dinámico es aquel atrapamiento neurológico en el que aparece la clínica cuando el paciente está ejercitando de manera continuada la musculatura de las piernas. Este atrapamiento dinámico ha llegado a denominarse síndrome del compartimiento lateral crónico, y está causado por la herniación proximal del músculo peroneo largo hacia el túnel peroneal debido al aumento de presión intracompartimental creado durante la realización del ejercicio.<sup>29,30</sup>

El atrapamiento idiopático o espontáneo no es infrecuente,<sup>31,32</sup> y a pesar de no encontrar una causa del atrapamiento, la liberación quirúrgica del nervio (fasciotomía) se ha mostrado efectiva.<sup>32</sup> Algunos autores consideran que una irritación crónica del nervio causaría un edema tanto intraneural como extraneural que limitaría el movimiento del nervio durante la flexo-extensión de la rodilla, y con el tiempo, provocaría la creación de adherencias y cicatrices, causando su atrapamiento.<sup>32,33</sup>

El atrapamiento postural producido de manera típica al cruzar las piernas mientras se está sentado, no es más que un atrapamiento mecánico temporal causado por la propia presión de las piernas entre sí. Sin embargo, en determinados casos, este atrapamiento causa una clínica muy desagradable e intensa, y la liberación quirúrgica del nervio puede llegar a ser efectiva.<sup>32</sup>

### NERVIO PERONEO PROFUNDO

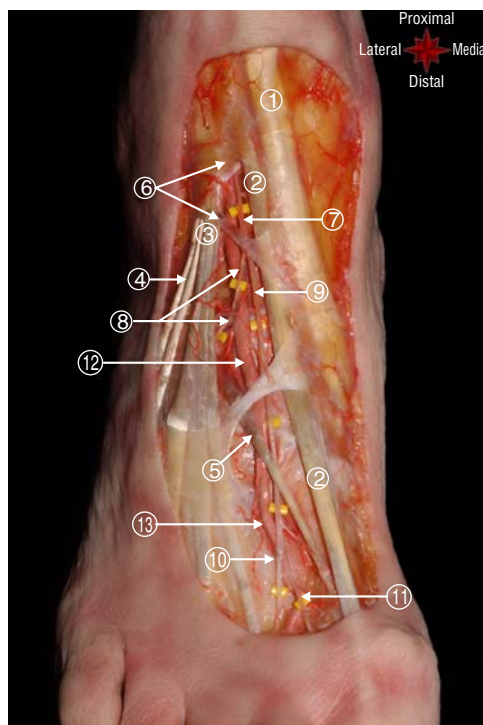
El nervio peroneo profundo es un nervio mixto, rama del nervio peroneo común. Localizado en el compartimiento anterior de la pierna y como su nombre indica, discurre en sentido distal y en profundidad cubierto por el vientre muscular del músculo tibial anterior. Durante este trayecto, el nervio discurre junto a la arteria tibial anterior. Al alcanzar el tobillo, este nervio se localiza entre los tendones del músculo extensor largo del dedo gordo y extensor largo de los dedos, para dividirse en su rama terminal lateral, motora para el músculo extensor corto de los dedos, y su rama medial sensitiva (*Figura 6*). En su trayecto por esta zona del tobillo, el nervio y sus ramas pasan bajo el retináculo extensor del tarso junto a los tendones de los músculos tibial anterior, extensor largo del dedo gordo, extensor largo de los dedos y peroneus tertius y la arteria tibial anterior/dorsal del pie. Este retináculo extensor jugará un papel predisponente en la etiopatogenia del atrapamiento del nervio peroneo profundo (*Figura 6*).

Debido a la poca protección del nervio en la región anterior del tarso, puede verse fácilmente comprimido por el calzado utilizado. Esta situación ocurre sobre todo cuando este calzado tiene un tacón alto que provoca una flexión plantar excesiva del pie, de modo que tensa al nervio y lo hace más vulnerable.<sup>34,36</sup> Algunas bailarinas de ballet pueden desarrollar con los años una neuropatía,



incluso bilateral, del nervio peroneo profundo por este mecanismo.<sup>37</sup> El aumento de tensión del nervio con la flexión plantar, también es la causante de que en algunos casos de pie cavo importante, el contacto del nervio peroneo profundo con la articulación talonavicular y cuneonavicular pueda provocar un cuadro irritativo del nervio.<sup>38</sup>

En 1968, Marinacci<sup>34</sup> acuñó por primera vez el término Síndrome del Túnel del Tarso Anterior que define el atrapamiento del nervio peroneo profundo a nivel del retináculo extensor inferior del tobillo. Este atrapamiento es raro, hasta el punto que no se han descrito más de una docena de casos en la literatura. Sin embargo, su incidencia, probablemente es mayor debido a su dificultad diagnóstica.<sup>39,40</sup> Gran parte de la dificultad en el diagnóstico de este proceso está motivado por la variedad anatómica del nervio peroneo profundo.<sup>36</sup> En el 28% de los especímenes puede observarse un nervio peroneo profundo accesorio transcurriendo posterior al maléolo lateral.<sup>41</sup> Por otro lado, el nivel de atrapamiento del nervio también puede ser variable, lo que provocará que la clínica pueda ser distinta en función de si el atrapamiento ocurre antes o después de la bifurcación del nervio en sus dos ramas terminales, lateral y medial. Cuando el atrapamiento es proximal a la bifurcación del nervio, se atrapan ambas ramas terminales. La afectación motora causará una debilidad en la extensión de los dedos, mientras que la sensitiva alterará su territorio cutáneo correspondiente. Ha sido descrito el atrapamiento proximal por la presencia de un tendón extensor largo del dedo gordo hipertrofiado.<sup>37</sup> No obstante, el lugar más frecuente de atrapamiento es el distal a la bifurcación, provocando únicamente un cuadro sensitivo por atrapamiento de la rama terminal medial. La causa más habitual de compresión a este nivel es la hipertrofia del músculo extensor corto del dedo gordo (Figuras 6 y 7).<sup>42-45</sup>



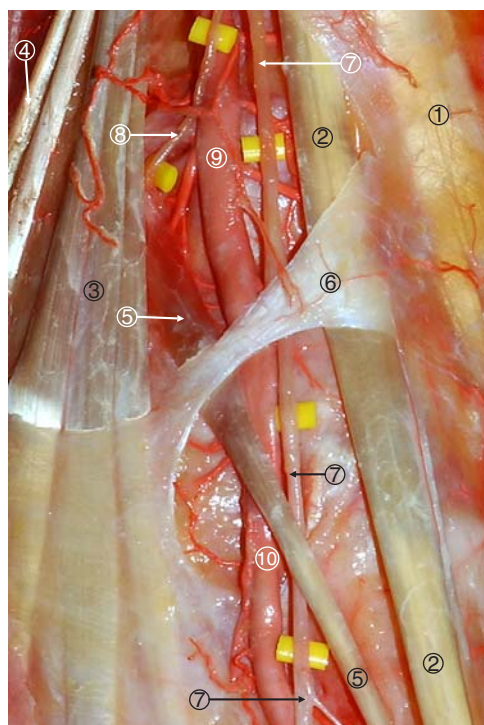
**Figura 6.** Disección de la cara anterior de tobillo y dorso de pie que muestra el patrón de distribución del nervio peroneo profundo. **1.** Tendón del músculo tibial anterior. **2.** Tendón del músculo extensor largo del dedo gordo. **3.** Tendones del músculo extensor largo de los dedos. **4.** Tendón del músculo peroneo tercero. **5.** Tendón destinado al dedo gordo procedente del músculo extensor corto de los dedos. **6.** Retináculo extensor inferior. **7.** Nervio peroneo profundo. **8.** Rama lateral. **9.** Rama medial. **10.** Nervio digital dorsomedial del segundo dedo. **11.** Nervio digital dorsolateral del dedo gordo. **12.** Arteria tibial anterior/dorsal del pie. **13.** Primera arteria intermetatarsiana dorsal.

## NERVIO SURAL

El nervio sural es un nervio sensitivo, y se forma por la unión del nervio sural medial, rama del nervio tibial, y la rama comunicante peronea que proviene del nervio peroneo común de manera directa o a través de su rama sural lateral. Tras discurrir entre las dos cabezas de los músculos gastrocnemios, lateral y medial, perfora la fascia sural habitualmente a nivel del tercio medio, para reunirse con la vena safena menor y recibir la anastomosis de la rama comunicante peronea. De esta manera, alcanza el borde lateral del tendón calcáneo y emite una de sus principales ramas colaterales, el nervio calcáneo lateral. Tras su paso retromaleolar y llegar a nivel de la apófisis estiloides del 5º metatarsiano, se divide en dos ramas terminales, una lateral y otra medial. La rama lateral, continuación del nervio sural, recibe el nombre de nervio cutáneo dorsal lateral, y da lugar al nervio digital dorsolateral del quinto dedo. La rama medial, no siempre presente, se localiza en el cuarto espacio interóseo originando el nervio digital dorsomedial del 5º dedo y el nervio digital dorsolateral del 4º dedo (*Figura 8*).

El atrapamiento del nervio sural se considera un atrapamiento neurológico poco frecuente. En 1974, Pringle<sup>46</sup> describió por primera vez el atrapamiento de este nervio. El lugar más habitual de afectación es la región lateral del tobillo, debido a una entorsis severa<sup>47</sup> o bien por fracturas a nivel del proceso posterolateral del astrágalo, del calcáneo o de la base del 5º metatarsiano.<sup>46,48-50</sup> Se han descrito otras causas más infrecuentes de atrapamiento, como un osteocondroma del astrágalo,<sup>51</sup> un ganglión de la articulación calcaneocuboidea o de los tendones perineos.<sup>46</sup>

Desde el punto de vista anatómico, es posible el atrapamiento del nervio sural a su salida a través de la fascia sural, en el tercio medio de la región posterior de la pierna.<sup>52,53</sup> Durante la actividad deportiva se produce un aumento de la presión en el in-



**Figura 7.** Detalle Fig. 6. 1. Tendón del músculo tibial anterior. 2. Tendón del músculo extensor largo del dedo gordo. 3. Tendones del músculo extensor largo de los dedos. 4. Tendón del músculo peroneo tercero. 5. Tendón destinado al dedo gordo procedente del músculo extensor corto de los dedos. 6. Retináculo extensor inconstante (variación anatómica). 7. Nervio peroneo profundo. 8. Rama lateral. 9. Arteria tibial anterior/dorsal del pie. 10. Primera arteria intermetatarsiana dorsal.

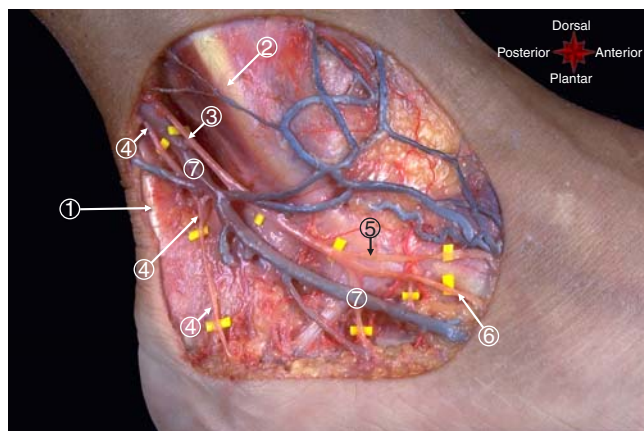
terior del compartimiento muscular posterior superficial. Este aumento de la presión compartimental junto a una aponeurosis sural más rígida o inextensible sería la causa del atrapamiento del nervio a su salida a través de la fascia sural.

## NERVIO TIBIAL

El nervio tibial es un nervio mixto, rama terminal medial del nervio ciático a nivel de la región poplítea. Siguiendo el eje medio de la pierna, se sitúa bajo los músculos gastrocnemios y alcanza el anillo del músculo sóleo para situarse definitivamente entre los músculos del compartimiento posterior profundo y los del superficial. Durante este trayecto, el nervio proporciona ramas motoras a los músculos de estos compartimientos. Distalmente, el nervio alcanza, de manera oblicua, la región retromaleolar medial, y entra en el canal tarsiano junto con la arteria tibial posterior y los tendones de los músculos flexor largo de los dedos y flexor largo del dedo gordo. Antes de introducirse en el canal o túnel tarsiano, el nervio emite una rama colateral sensitiva para la región calcánea medial, el nervio calcáneo medial. Ya en el interior del túnel del tarso, el nervio tibial se divide en sus dos ramas terminales, el nervio plantar medial y el nervio plantar lateral. Ambos nervios terminales son mixtos (*Figura 9*).

Keck<sup>54</sup> y Lam,<sup>55</sup> utilizaron por primera vez el término Síndrome del Túnel Tarsiano para definir la neuropatía compresiva del nervio tibial a nivel del túnel o canal tarsiano. Muchos autores han comparado el atrapamiento de este nervio a nivel del canal tarsiano con el atrapamiento del nervio mediano en el túnel del carpo. Se debe tener en cuenta que el atrapamiento a nivel del canal tarsiano sólo afectará a las ramas plantar medial y lateral, y no a la rama calcánea medial que no discurre por el interior de dicho canal.

En general hay tres grandes grupos de causa de síndrome del túnel tarsiano, la traumática, la lesión ocupante de espacio y la deformidad del pie. Entre un 20 y 40% de los casos no se identifica ninguna causa que justifique el cuadro clínico.<sup>56-62</sup>

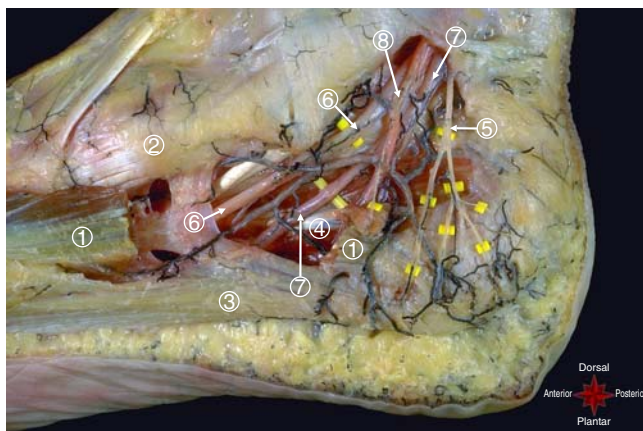


**Figura 8.** Diseción de la cara lateral de tobillo y de pie que muestra el patrón de distribución del nervio sural. **1.** Tendón calcáneo. **2.** Tendón del músculo peroneo largo. **3.** Nervio sural. **4.** Rama calcánea lateral. **5.** Rama medial del nervio sural que habitualmente establece comunicación con ramas del nervio peroneo superficial. **6.** Rama lateral del nervio sural o nervio cutáneo dorsal lateral. **7.** Vena safena menor.

La etiología traumática es considerada por varios autores como la causa más frecuente, variando entre el 17% observado por Cimino<sup>58</sup> y el 76% registrado por Baillie<sup>63</sup> en sus respectivos trabajos. La fractura de cualquiera de los huesos relacionados con el canal tarsiano (región distal de la tibia, el astrágalo, el calcáneo o los huesos del tarso anterior)<sup>64-66</sup> o la lesión traumática de algunos de sus tendones (flexor largo de los dedos y flexor largo del dedo gordo)<sup>67</sup> pueden causar una disminución del espacio del túnel y consecuentemente un atrapamiento del nervio tibial. La afectación del ligamento colateral medial tras un episodio de entorsis puede llegar a provocar el mismo efecto.<sup>62</sup> Baillie<sup>63</sup> observó la entorsis de tobillo con afectación del ligamento colateral medial en la mayoría de los casos del síndrome del túnel tarsiano de origen traumático. Algunos autores<sup>68,69</sup> apuntan que la presencia de un hematoma en la zona, ya sea postraumático o postquirúrgico, causaría una cicatriz que limitaría la movilidad del nervio, pudiendo provocar, de este modo, una clínica irritativa. Otras circunstancias como la sinovitis postraumática de los tendones que discurren por el canal del tarso, pueden originar la neuropatía compresiva del tibial.<sup>58,70,71</sup>

La lesión ocupante de espacio en el túnel del tarso es una causa poco frecuente de síndrome del túnel tarsiano.<sup>63,69</sup> Se han descrito multitud de procesos causantes de una disminución del espacio del túnel tarsiano.<sup>72-83</sup> Sin embargo, la alteración ocupante de espacio que con mayor frecuencia se encuentra, es una lesión vascular varicosa.<sup>69,84-86</sup> Sammarco<sup>69</sup> observó en 27 de los 62 pacientes que intervino por síndrome del túnel tarsiano una lesión vascular no varicosa. Esta lesión vascular provocaría la presencia de un edema crónico en la zona que afectaría al nervio y explicaría, de esta manera, la clínica irritativa del mismo.

Las deformidades del pie plano con un componente de talo valgo causan un aumento de la tensión del nervio tibial y sus ramas,<sup>87</sup> haciendo que este nervio sea más vulnerable. Por lo tanto, esta deformidad podría ser causa de síndrome del túnel tarsiano.<sup>42,70,85,87</sup> Es importante tener presente esta posibilidad, ya que está descrito el tratamiento quirúrgico del atrapamiento del nervio tibial con malos resultados debido a que no se disminuye la tensión del nervio tibial tras su



**Figura 9.** Visión medial de tobillo y pie mostrando el contenido del canal tarsiano una vez seccionado parte del vientre muscular del músculo abductor del dedo gordo. **1.** Músculo abductor del dedo gordo. **2.** Tuberosidad del navicular. **3.** Fascia plantar media. **4.** Músculo cuadrado plantar. **5.** Nervio calcáneo medial y sus ramas, rama del nervio tibial. **6.** Nervio plantar medial. **7.** Nervio plantar lateral. **8.** Arteria tibial posterior y sus ramas.



liberación si no se corrige la deformidad del pie.<sup>59,60</sup> Debe tenerse en cuenta que este aumento de la tensión del nervio y de sus ramas, debido a la deformidad del pie, puede afectar a la rama calcánea medial, de modo que aparte de la clínica típica del síndrome del canal del tarso puede observarse una alteración sensitiva y dolor en la región talar medial.

La llamada tríada del dolor talar (Heel pain triad)<sup>88</sup> que combina una fascitis plantar, la insuficiencia del tendón tibial posterior y un síndrome del túnel del tarso, estaría causada por el fracaso del soporte tanto estático (fascia plantar) como dinámico (tendón del tibial posterior) del arco longitudinal medial del pie, lo que provocaría su deformidad en plano-valgo y secundariamente un aumento en la tensión del nervio tibial y sus ramas. En esta situación, el nervio se muestra más irritable y se puede provocar una clínica compatible con un síndrome del túnel tarsiano. Esta tríada pasa con frecuencia desapercibida y habitualmente el paciente ha sido tratado de manera insistente por una fascitis plantar que no acaba nunca de mejorar. Aunque la tríada del dolor talar ha sido observada en aproximadamente el 5% de los pacientes con dolor talar crónico,<sup>88</sup> Schon<sup>89</sup> demostró alteraciones electromiográficas compatibles con atrapamiento de nervio tibial en 23 de los 38 pacientes que estudió con dolor crónico del talón. De hecho, algunos autores consideran que la presencia de una neuritis del nervio tibial, o un síndrome del túnel tarsiano, es habitual en el dolor talar crónico rebelde al tratamiento.<sup>90</sup>

Otras deformidades o circunstancias del pie pueden ser causa de síndrome del túnel tarsiano, como posiciones extremas en dorsiflexión del pie o situaciones de inestabilidad o laxitud ligamentosa del pie.<sup>87</sup> Además, Trepman<sup>91</sup> demostró cómo la eversión e inversión del pie aumentan la presión a nivel del interior del túnel del tarso, pudiendo ser causa de empeoramiento de la clínica.

## CONCLUSIONES

Las neuropatías compresivas que afectan al tobillo y pie son poco frecuentes y de difícil diagnóstico.

La causa más habitual de atrapamiento neurológico que afecta al tobillo y pie es la secundaria a un proceso traumático, aunque es relativamente frecuente no encontrar una causa que justifique la clínica neurológica.

El nervio puede sufrir compresión en cualquier parte de su recorrido. Sin embargo, desde el punto de vista anatómico hay determinadas regiones en que es más susceptible de ser atrapado, como sucede en el síndrome del túnel fibular (nervio peroneo superficial), del tarso anterior (nervio peroneo profundo) o del túnel tarsiano (nervio tibial). Además, hay que tener en cuenta una serie de circunstancias. Por un lado, algunos procesos locales pueden crear y contribuir a la presencia de una clínica irritativa neurológica. Este es el caso de algunas deformidades del pie al crear tensión en el nervio, o de procesos edematosos o hemorrágicos próximos al nervio. Por otra parte, es posible la presencia de varios niveles de atrapamiento o la observación del fenómeno de *Valleix*.

Todos estos motivos contribuyen a que el diagnóstico de estas neuropatías sea complicado. Por ello es muy importante un amplio conocimiento anatómico



de los nervios, de sus territorios de inervación, tanto motor como sensitivo y de reconocer las diferentes manifestaciones clínicas características de la afectación de cada uno de ellos.

Únicamente de este modo, nos será más fácil llegar a un diagnóstico, solicitar exploraciones complementarias más dirigidas y llegar a un tratamiento más efectivo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Mangierl JM. Peroneal nerve injury from an enlarged fabella. *J Bone Joint Surg Am* 1973; 55A: 395-397.
2. Möller B, Kadin S. Entrapment of the common peroneal nerve. *Am J Sports Med* 1987; 15(1): 90-91.
3. Stack RE, Bianco AJ, MacCarty CS. Compression of the common peroneal nerve by ganglion cyst: Report of nine cases. *J Bone Joint Surg Am* 1965; 47A: 773-778.
4. Gibbon AJ, Wardell SR, Scott RD. Synovial cyst of the proximal tibiofibular joint with peroneal nerve compression after total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 1999; 14(6): 766-768.
5. Hersekli MA, Akpınar S, Demirors H, Ozkoc G, Ozalay M, Cesur N, Uysal M, Tandogan RN. Synovial cysts of proximal tibiofibular joint causing peroneal nerve palsy: Report of three cases and review of the literature. *Arch Orthop Trauma Surg* 2004; 124(10): 711-714.
6. Iverson DJ. MRI detection of cysts of the knee causing common peroneal neuropathy. *Neurology* 2005; 65(11): 1829-1831.
7. Christensen S. Dislocation of the upper end of the fibula. *Acta Orthop Scand* 1966; 37: 107-109.
8. Owen R. Recurrent dislocation of the superior tibiofibular joint. *J Bone Joint Surg Br* 1968; 50B: 342-345.
9. Parker JC, Russel RZ. Isolated acute dislocation of the proximal tibiofibular joint. *J Bone Joint Surg Am* 1973; 55A: 177-180.
10. Turco VJ, Spinella AJ. Anterolateral dislocation of the head of the fibula in sports. *Am J Sports Med* 1985; 13: 209-215.
11. Turco VJ. Commentary «Entrapment of the common peroneal nerve.» *Am J Sports Med* 1987; 15: 91.
12. Tomaino M, Day C, Papageorgiou C, Harner C, Fu FH. Peroneal nerve palsy following knee dislocation: Pathoanatomy and implications for treatment. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2000; 8(3): 163-165.
13. Trappeniers L, De Maeseneer M, Van Roy P, Chaskis C, Osteaux M. Peroneal nerve injury in three patients with knee trauma: MR imaging and correlation with anatomic findings in volunteers and anatomic specimens. *Eur Radiol* 2003; 13(7): 1722-1727.
14. Niall DM, Nutton RW, Keating JF. Palsy of the common peroneal nerve after traumatic dislocation of the knee. *J Bone Joint Surg Br* 2005; 87B: 664-667.
15. Bottomley N, Williams A, Birch R, Noorani A, Lewis A, Lavelle J. Displacement of the common peroneal nerve in posterolateral corner injuries of the knee. *J Bone Joint Surg Br* 2005; 87B: 1225-1226.
16. Fetzer GB, Prather H, Gelberman RH, Clohisey JC. Progressive peroneal nerve palsy in a varus arthritic knee. A case report. *J Bone Joint Surg Am* 2004; 86A: 1538-1540.
17. Nobel W. Peroneal palsy due to hematoma in the common peroneal nerve sheath after distal torsional fractures and inversion ankle sprains. *J Bone Joint Surg Am* 1966; 48A: 1484-1495.
18. Nitz AJ, Dobner JJ, Kersey D. Nerve injury and grades II and III ankle sprains. *Am J Sports Med* 1985; 13(3): 177-182.
19. Horwath MT. Normal anatomy and variations of the peripheral nerves of the leg and foot. *Arch Surg* 1938; 36: 626-636.
20. Adkinson DP, Bosse MJ, Gaccione DR, Gabriel KR. Anatomical variations in the course of the superficial peroneal nerve. *J Bone Joint Surg Am* 1991; 73A: 112-114.
21. Ögüt T, Akgün I, Kesmezacar H, Türker T, Üzün I, Demirci S, Marur T, Can G, Akkin SM. Navigation for ankle arthroscopy: Anatomical study of the anterolateral portal with reference to the superficial peroneal nerve. *Surg Radiol Anat* 2004; 26: 268-274.
22. Ucerler H, İkiz ZAA. The variations of the sensory branches of the superficial peroneal nerve course and its clinical importance. *Foot Ankle Int* 2005; 26: 942-946.
23. Garozzo D, Ferraresi S, Buffatti P. Surgical treatment of common peroneal nerve injuries: indications and results. A series of 62 cases. *J Neurosurg Sci* 2004; 48(3): 105-112.
24. Henry AK. *Extensile exposure*. Edinburgh and London: E & S Livingstone, 1945: 296.
25. Kopell HP, Thompson WAL. *Peripheral entrapment neuropathies*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1963: 34-47.
26. Snack RE, Bianco AJ Jr, MacCarty CS. Compression of the common peroneal nerve by ganglion cysts: report of nine cases. *J Bone Joint Surg Am* 1965; 47A: 347-351.

27. Banerjee T, Koons DD. Superficial peroneal nerve entrapment: report of two cases. *J Neurosurg* 1981; 55: 991-992.
28. Maudsley RH. Fibular tunnel syndrome. In Proceedings of the North-West Metropolitan Orthopaedic Club. *J Bone Joint Surg Br* 1967; 49B: 384.
29. Styf J, Körner L. Microcapillary infusion technique for measurement of intramuscular pressure during exercise. *Clin Orthop* 1986; 207: 253-262.
30. Styf J. Entrapment of the superficial peroneal nerve. Diagnosis and results of decompression. *J Bone Joint Surg Br* 1989; 71B: 131-135.
31. Vastamäki M. Decompression for peroneal nerve entrapment. *Acta Orthop Scandinavica* 1986; 57: 551-554.
32. Fabre T, Piton C, Andre D, Lasseur E, Durandeau A. Peroneal nerve entrapment. *J Bone Joint Surg Am* 1998; 80A: 47-53.
33. Gloobe H, Chain D. Fibular fibrous arch. Anatomical considerations in fibular tunnel syndrome. *Acta Anat* 1973; 85: 84-87.
34. Marinacci AA. Medial and anterior tarsal tunnel syndrome. *Electromyography* 1968; 8(2): 123-134.
35. Krause KH, Witt T, Ross A. The anterior tarsal tunnel syndrome. *Neurol* 1977; 217: 67-74.
36. Gessini L, Jandolo B, Pietrangeli A. The anterior tarsal syndrome. Report of four cases. *J Bone Joint Surg Am* 1984; 55A: 786-787.
37. Borges LF, Hallett M, Selkoe DJ, Welch K. The anterior tarsal tunnel syndrome. Report of two cases. *J Neurosurg* 1981; 54(1): 89-92.
38. Zongzhao L, Jianseheng Z, Zhao L. Anterior tarsal tunnel syndrome. *J Bone Joint Surg Br* 1991; 73B: 470-473.
39. Dellon AL. Deep peroneal nerve entrapment on the dorsum of the foot. *Foot Ankle* 1990; 11: 73-80.
40. Akyuz G, Us O, Turan B, Kayhan O, Canbulat N, Yilmaz IT. Anterior tarsal tunnel syndrome. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 2000; 40(2): 123-128.
41. Lambert EH. The accessory deep peroneal nerve: A common variation in innervation of the extensor digitorum brevis. *Neurology* 1969; 19: 1169-1176.
42. Kopell HP, Thompson WL. Peripheral entrapment neuropathies of the lower extremity. *N Engl J Med* 1960; 262: 56-60.
43. Posas HN Jr, Rivner MH. Deep peroneal sensory neuropathy. *Muscle Nerve* 1992; 15(6): 745-746.
44. Reed SC, Wright CS. Compression of the deep branch of the peroneal nerve by the extensor hallucis brevis muscle: A variation of the anterior tarsal tunnel syndrome. *Can J Surg* 1995; 38(6): 545-546.
45. Kanbe K, Kubota H, Shirakura K, Hasegawa A, Udagawa E. Entrapment neuropathy of the deep peroneal nerve associated with the extensor hallucis brevis. *J Foot Ankle Surg* 1995; 34(6): 560-562.
46. Pringle RM, Protheroe K, Mukherjee SK. Entrapment neuropathy of the sural nerve. *J Bone J Surg Br* 1974; 56B: 465-468.
47. Raynor KJ, Raczka EK, Stone PA, Edelman RD, Parkinson DE. Entrapment of the sural nerve: two case report. *J Am Podiatr Med Assoc* 1986; 76: 401-403.
48. Gould N, Trevino S. Sural nerve entrapment by avulsion fracture of the base of the fifth metatarsal bone. *Foot Ankle* 1981; 2: 153-155.
49. Perlman MD. Os peroneum fracture with sural nerve entrapment neuritis. *J Foot Surg* 1990; 29: 119-121.
50. Hirose CB, McGarvey WC. Peripheral nerve entrapments. *Foot Ankle Clin N Am* 2004; 9: 255-269.
51. Montgomery PQ, Goddard NJ, Kemp HBS. Solitary osteochondroma causing sural nerve entrapment neuropathy. *J R Soc Med* 1989; 82: 761.
52. Husson JL, Blouet JM, Masse A. Entrapment syndrome of the superficial posterior sural aponeurosis. *Int Orthop* 1987; 11: 245-248.
53. Fabre T, Montero C, Gaujard E, Gervais-Dellion F, Durandeau A. Chronic calf pain in athletes due to sural nerve entrapment. A report of 18 cases. *Am J Sports Med* 2000; 28(5): 679-682.
54. Keck C. The tarsal tunnel syndrome. *J Bone Joint Surg Am* 1962; 44A: 180-182.
55. Lam SJS. A tarsal tunnel syndrome. *Lancet* 1962; 2: 1354-1355.
56. Kaplan PE, Kernahan WT. Tarsal tunnel syndrome: An electrodiagnostic and surgical correlation. *J Bone Joint Surg Am* 1981; 63A: 96-99.
57. DeLisa JA, Saeed MA. The tarsal tunnel syndrome. *Muscle Nerve* 1983; 6: 664-670.
58. Cimino WR. Tarsal tunnel syndrome: Review of the literature. *Foot Ankle* 1990; 11: 47-52.
59. Takakura Y, Kitada C, Sugimoto K, Tanaka Y, Tamai S. Tarsal tunnel syndrome. *J Bone Joint Surg Br* 1991; 73B: 125-128.
60. Pfeiffer WH, Cracchiolo A. Clinical results after tarsal tunnel decompression. *J Bone Joint Surg Am* 1994; 76A: 1222-1230.
61. Lau JTC, Daniels TR. Tarsal tunnel syndrome: A review of the literature. *Foot Ankle Int* 1999; 20(3): 201-209.
62. Lau JTC, Stavrou P. Posterior tibial nerve-primary. *Foot Ankle Clin N Am* 2004; 9: 271-285.

63. Bailie DS, Kelikian AS. Tarsal tunnel syndrome: Diagnosis, surgical technique and functional outcome. *Foot Ankle Int* 1998; 19(2): 65-72.
64. O'Sullivan ME, O'Sullivan T, Colville J. Tarsal tunnel syndrome following an ankle fracture. *Injury* 1992; 23(3): 198-199.
65. Stefko RM, Lauerman WC, Heckman JD. Tarsal tunnel syndrome caused by an unrecognized fracture of the posterior process of the talus (Cedell fracture). A case report. *J Bone Joint Surg Am* 1994; 76(1): 116-118.
66. Kassab M, Lelievre H, Lelievre JF, Rolland E, Saillant G. Sequelae of intra-articular calcaneal fractures: Patterns and management. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 2005; 91(3): 248-256.
67. Mezrow CK, Sanger JR, Matloub HS. Acute tarsal tunnel syndrome following partial avulsion of the flexor hallucis longus muscle: A case report. *J Foot Ankle Surg* 2002; 41(4): 243-246.
68. Skalley TC, Schon LC, Hinton RY, Myerson MS. Clinical results following revision tibial nerve release. *Foot Ankle Int* 1994; 15: 360-367.
69. Sammarco GJ, Chang L. Outcome of surgical treatment of tarsal tunnel syndrome. *Foot Ankle Int* 2003; 24(2): 125-131.
70. Jackson DL, Haglund BL. Tarsal tunnel syndrome in runners. *Sports Med* 1992; 13(2): 146-149.
71. Schon LC. Nerve entrapment, neuropathy and nerve dysfunction in athletes. *Orthop Clin North Am* 1994; 25(1): 47-59.
72. Frey C, Naritoku W, Kerr R, Halikus N. Tarsal tunnel syndrome secondary to cosmetic silicone injections. *Foot Ankle* 1993; 14(7): 407-410.
73. Boyer MI, Hochban T, Bowen V. Tarsal tunnel syndrome: An unusual case resulting from an intra-neural degenerative cyst. *Can J Surg* 1995; 38(4): 371-373.
74. Yamamoto S, Tominaga Y, Yura S, Tada H. Tarsal tunnel syndrome with double causes (ganglion, tarsal coalition) evoked by ski boots. Case report. *J Sports Med Phys Fitness* 1995; 35(2): 143-145.
75. Kucukdeveci AA, Kutlay S, Seckin B, Arasil T. Tarsal tunnel syndrome in ankylosing spondylitis. *Br J Rheumatol* 1995; 34(5): 488-489.
76. DosRemedios ET, Jolly GP. The accessory soleus and recurrent tarsal tunnel syndrome: Case report of a new surgical approach. *J Foot Ankle Surg* 2000; 39(3): 194-197.
77. Garchard DJ, Lewis JE, DiDomenico LA. Hypertrophic sustentaculum tali causing a tarsal tunnel syndrome: A case report. *J Foot Ankle Surg* 2001; 40(2): 110-112.
78. Yamamoto T, Mizuno K. Tarsal tunnel syndrome caused by synovial sarcoma. *J Neurol* 2001; 248(5): 433-434.
79. Burks JB, DeHeer PA. Tarsal tunnel syndrome secondary to an accessory muscle: A case report. *J Foot Ankle Surg* 2001; 40(6): 401-403.
80. Lee MF, Chan PT, Chau LF, Yu KS. Tarsal tunnel syndrome caused by talocalcaneal coalition. *Clin Imaging* 2002; 26(2): 140-143.
81. Kinoshita M, Okuda R, Morikawa J, Abe M. Tarsal tunnel syndrome associated with an accessory muscle. *Foot Ankle Int* 2003; 24(2): 132-136.
82. Fujita I, Matsumoto K, Minami T, Kizaki T. Tarsal tunnel syndrome caused by epineural ganglion of the posterior tibial nerve: Report of 2 cases and review of the literature. *J Foot Ankle Surg* 2004; 43(3): 185-190.
83. Matsumoto K, Sumi H, Shimizu K. Tibial osteochondroma causing foot pain mimicking tarsal tunnel syndrome: A case report. *J Foot Ankle Surg* 2005; 44(2): 159-162.
84. Goodgold J, Kopell HP, Spielholz NI. The tarsal-tunnel syndrome. Objective diagnostic criteria. *N Engl J Med* 1965; 273(14): 742-745.
85. Edwards WG, Lincoln CR, Bassett FH, Goldner JL. The tarsal tunnel syndrome. Diagnosis and treatment. *JAMA* 1969; 207(4): 716-720.
86. Gould N, Alvarez R. Bilateral tarsal tunnel syndrome caused by varicosities. *Foot Ankle* 1983; 3(5): 290-292.
87. Daniels TR, Lau JT-C, Hearn TC, Hons BSc. The effects of foot position and load on tibial nerve tension. *Foot Ankle Int* 1998; 19(2): 73-78.
88. Labib SA, Gould JS, Rodríguez-del-Río FA, Lyman S. Heel pain triad (HPT): The combination of plantar fasciitis, posterior tibial tendon dysfunction and tarsal tunnel syndrome. *Foot Ankle Int* 2002; 23(3): 212-220.
89. Schon LC, Glennon TP, Baxter DE. Heel pain syndrome: Electrodiagnostic support for nerve entrapment. *Foot Ankle Int* 1993; 14(3): 129-135.
90. Digiovanni B, Gould JS. Tarsal tunnel syndrome and related entities. *Foot & Ankle Clinics* 1998; 3(3): 405-426.
91. Trepman E, Kadel NJ, Chisholm K, Razzano L. Effect of foot and ankle position on tarsal tunnel compartment pressure. *Foot Ankle Int* 1999; 20(11): 721-726.