

Ultrasonido de nervios periféricos I (aspecto normal)

Peripheral nerve ultrasound I (normal appearance)

Sara R. Muñoz*, Edith A. Miranda, Esteban J. Giannini, Freddy A. Escobar y Claudia A. Astudillo

Servicio de Radiología, Diagnóstico por Imágenes, Clínica Las Condes, Santiago, Chile

Resumen

El ultrasonido (US) es uno de los métodos de estudio para los nervios periféricos. Permite la evaluación de lesiones traumáticas, neuropatías secundarias a síndromes por compresión, lesiones tumorales benignas o malignas, cambios inflamatorios y complicaciones posoperatorias. En este artículo se revisa la anatomía de los nervios periféricos que pueden estudiarse con US y su correlación con el aspecto imagenológico. Se analiza el aspecto normal de los nervios en US, se mencionan sus ventajas y se explica la técnica de estudio. En la segunda parte se discutirá el aspecto ultrasonográfico en las neuropatías por atrapamiento de la extremidad superior.

Palabras clave: Ultrasonido. Ecografía. Nervios periféricos.

Abstract

Ultrasound (US) is one of imaging modalities for evaluation of peripheral nerves. It can provide diagnostic information in entrapment neuropathies, benign or malignant tumors, infection and post-operative assessment. In this article, a description of nerve's anatomy is presented and its correlation with the US appearance. We discuss the advantages of this modality and explain the examination technique. In the second part, the ultrasonographic aspect of upper extremity entrapment neuropathy will be discussed.

Keywords: Ultrasound. Echography. Peripheral nerves.

Introducción

El ultrasonido (US) fue utilizado para la obtención de la imagen de un nervio por primera vez en 1988¹. El primer reporte de patología de nervio periférico aparece en 1992, describiendo un caso de síndrome de túnel del carpo². El desarrollo continuo del equipamiento lo ha convertido en la modalidad de primera línea para la evaluación de nervios periféricos. Cada vez hay más evidencia en la literatura que avala su utilidad. Los avances en la tecnología y el diseño de ecógrafos y transductores permiten la obtención de

imágenes de alta calidad y resolución, que iguala o supera a la resonancia magnética (RM). Paralelamente al desarrollo de transductores se han incorporado nuevos algoritmos, como imágenes compuestas, armónicas y campo de visión extendido, que han mejorado la calidad de la imagen al reducir los artefactos y aumentar el contraste y la resolución espacial³.

Es útil en la evaluación de lesiones traumáticas, tumorales e infecciosas, en síndromes compresivos (neuropatías por atrapamiento) y en la evaluación posoperatoria³⁻⁶.

Correspondencia:

*Sara R. Muñoz

E-mail: smunoz@clinicalascondes.cl

Fecha de recepción: 17-06-2022

Fecha de aceptación: 01-08-2022

DOI: 10.24875/RCHRAD.22000033

Disponible en internet: 17-10-2022

Rev Chil Radiol. 2022;28(3):92-98

www.resochradi.com

0717-9308 / © 2022 Sociedad Chilena de Radiología. Publicado por Permanyer. Este es un artículo open access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Un estudio en que se comparó el US y la RM para la detección de patología de nervio periférico mostró que, aunque las imágenes de US y RM tenían igual especificidad (86%), el US tenía mayor sensibilidad que la RM (93% frente a 67%)⁵.

La RM sigue siendo la herramienta de elección para la evaluación del plexo braquial y lumbosacro por su ubicación y la superposición de estructuras óseas que impiden el barrido ecográfico.

El US es menos costoso y la obtención de imágenes es más rápida que en la RM. Permite la evaluación dinámica en tiempo real de los nervios periféricos, especialmente los de ubicación superficial⁷. Un nervio completo y los músculos inervados por él pueden evaluarse en un solo barrido².

La mayor desventaja del US es que se requiere un operador entrenado con conocimiento acabado de la anatomía de los nervios, de su patología y de la técnica de exploración⁸. La curva de aprendizaje, además, es lenta.

Histología y anatomía

El tejido nervioso consta de dos tipos de células: las neuronas y la glía. Los nervios periféricos son cordones que unen centros nerviosos con distintos tejidos u órganos. Están formados por fibras nerviosas-glía y tejido de sostén/protección. La glía en el sistema nervioso periférico está formada por las células de Schwann, que tienen prolongaciones citoplasmáticas aplanadas que forman un manguito alrededor de las fibras. Su función es sintetizar la mielina, que es una capa lipoproteica que envuelve los axones de algunas neuronas y que actúa como aislante eléctrico. También son esenciales para el desarrollo, la maduración y la regeneración. Hay axones con mielina y amielínicos. Respecto a estos últimos, una célula de Schwann rodea varios axones. La vaina de Schwann y su mielina están segmentadas a intervalos regulares por los nodos de Ranvier, que aseguran la transmisión de los impulsos nerviosos de manera rápida y eficiente (Fig. 1).

Las fibras nerviosas se agrupan formando fascículos que constituyen la unidad anatomofuncional del nervio⁹.

En cuanto al tejido de sostén y protección, la vaina más externa es el epineuro (Fig. 1), cubierta gruesa que recubre el conjunto de fascículos. Un nervio periférico consiste en uno o varios fascículos nerviosos (de 1 a 100) que se mantienen juntos por el epineuro, que tiene dos capas: una externa densa que rodea

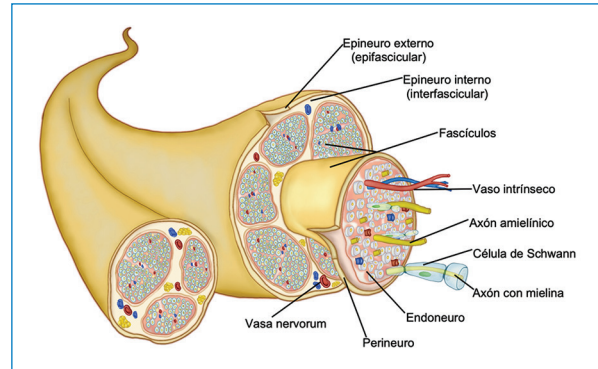


Figura 1. Anatomía del nervio periférico. Los nervios periféricos constan de tejido neural y tejido conectivo de sostén, que juntos conforman una unidad funcional. Múltiples axones están rodeados por tejido conectivo, llamado endoneuro, y son nutridos por vasos intrínsecos. La *vasa nervorum* corresponden a vasos extrínsecos. Grupos de axones se encuentran rodeados por perineuro formando fascículos. El epineuro es la capa de tejido conectivo más externa y consta de epineuro fascicular (que rellena el espacio entre fascículos) y epineuro epifascicular (que recubre el nervio periférico).

completamente al nervio y una interna (también llamada epineuro interfascicular) que contiene tejido adiposo, vasos sanguíneos (*vasa nervorum*), linfáticos y bandas de colágeno y elastina ordenadas longitudinalmente. Como en la barrera hematoencefálica, en el sistema nervioso central los vasos sanguíneos endoneurales tienen la propiedad de prevenir el pasaje de ciertas macromoléculas a través de sus vasos, constituyendo una barrera hematoneural⁷.

Los fascículos están delimitados por el perineuro (Fig. 1), que es una lámina de tejido denso.

El endoneuro (Fig. 1) es una fina vaina de tejido conectivo que rodea las células de Schwann y los axones¹⁰. Contiene fibroblastos, mastocitos, fibras colágenas y capilares.

La cantidad de tejido conectivo es más abundante en los nervios multifasciculares y en zonas donde el nervio es más móvil, como por ejemplo en su paso por las articulaciones. Esto otorga al nervio mayor resistencia a la tracción y la compresión.

La organización somatotópica de los fascículos es un tema debatido⁹. El número y el tamaño de los fascículos varían significativamente según el tronco nervioso y el punto del trayecto nervioso. Los nervios pueden ser mono-, oligo- o polifasciculares. Su organización interna o disposición de los fascículos en el interior del nervio puede ser en «cableado simple» (los

fascículos corren por separado a lo largo del nervio) o «plexiforme» (dentro del nervio los fascículos pueden dividirse y fusionarse) (Fig. 2).

Las fibras nerviosas y los fascículos tienen una disposición ondulada, lo que permite el deslizamiento de unos sobre otros dentro del nervio. El perineuro es elástico. El epineuro permite también movimientos de deslizamiento. La elasticidad de un nervio depende de su composición.

Los fascículos más gruesos son los más vulnerables y se rompen mucho antes que las envolturas conectivas en una elongación traumática. Los troncos nerviosos más pobres en endoneuro son más susceptibles a la compresión⁹.

El conocimiento de la estructura de los nervios es fundamental para la interpretación de imágenes ecográficas o de RM. Las características imagenológicas son un reflejo de las características anatómicas e histológicas del nervio.

Métodos de estudio por imágenes

Hay dos herramientas de diagnóstico por imágenes disponibles para el estudio de los nervios periféricos: el US y la RM. Ambas tienen ventajas y desventajas, y algunas veces son técnicas complementarias. En la tabla 1 se exponen las diferencias entre ellas.

El US está generalmente más disponible y tiene menor costo que la RM, y la obtención de imágenes es más rápida que con la RM. Se puede utilizar para obtener imágenes de pacientes con contraindicaciones para la RM, como aquellos con claustrofobia, los que tienen implantes metálicos o bien por limitaciones de tamaño.

El US permite la evaluación dinámica en tiempo real de los nervios periféricos. Posibilita la comparación con el lado contralateral asintomático, lo que muchas veces permite realizar el diagnóstico. Un nervio completo y los músculos inervados por ese nervio pueden evaluarse rápidamente en un examen por US; en cambio, las limitantes de cobertura y bobina limitan la RM, y es posible que se necesiten varios exámenes de RM para cubrir la longitud de un nervio y sus ramos.

El US de alta resolución proporciona imágenes con mayor resolución espacial que las imágenes de RM.

Una desventaja del US citada a menudo es que la modalidad depende del operador y se requiere largo tiempo de entrenamiento para ser un operador confiable. Se debe contar, además, con transductores de alta frecuencia y buena resolución.

La RM permite evaluar mejor en el plano axial por cuanto los nervios cambian de trayecto en su recorrido de

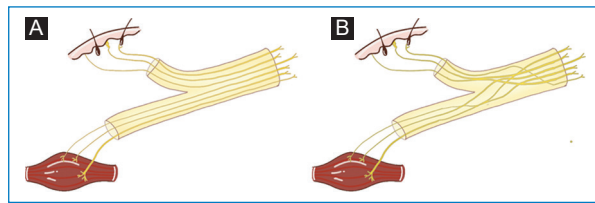


Figura 2. Organización de los fascículos dentro del nervio. **A:** cableado simple, en que los fascículos siguen un trayecto separado a lo largo del nervio. **B:** plexiforme, en que los fascículos pueden dividirse o fusionarse.

Tabla 1. Diferencias entre ultrasonido y resonancia magnética

Ultrasonido	Resonancia magnética
Menor costo	Mayor costo
Mayor disponibilidad	Menor disponibilidad
Dinámico, en tiempo real	Estática
Comparativo con lado contralateral	Pequeño campo visual
Evaluación del nervio completo y sus ramos	Estudio principalmente en plano axial
Dependiente del operador	No depende del operador
No reproducible	Reproducible
Sin contraindicaciones	Algunas contraindicaciones absolutas

proximal a distal. Tiene mejor rendimiento que el US para evaluar los nervios profundos y diferentes patrones de músculos denervados. Es particularmente útil en evaluar zonas anatómicas no accesibles para el US, como el plexo lumbosacro y la parte proximal del plexo braquial.

En algunos centros se prefiere la RM sobre el US porque la obtención de las imágenes no depende del operador.

En nuestra experiencia, habiendo operadores entrenados, el US es la herramienta de elección. En pacientes con sospecha de lesiones de nervios periféricos se puede considerar que el US es la modalidad de imagen de primera línea. En ocasiones, el US sirve además como guía para procedimientos intervencionales en nervios periféricos.

Aspecto normal

Aunque la visualización de algunos nervios es limitada, el US permite obtener imágenes de los

principales nervios periféricos de manera sistemática. Prácticamente todos los nervios principales de las extremidades superiores e inferiores pueden ser explorados con US. Permite además evaluar los troncos del plexo braquial entre la columna y la clavícula, y algunas partes del plexo entre la clavícula y la axila.

Los nervios son estructuras parecidas a cables eléctricos y su aspecto en el US se correlaciona con su anatomía e histología.

Se les puede encontrar en los planos grasos o fasciales entre los músculos o superficialmente. Es característico ver cada nervio rodeado de una pequeña cantidad de grasa ecogénica (Fig. 3).

El nervio normal, en el eje corto o sección transversal, revela pequeñas áreas hipocogénicas separadas por tabiques hiperecogénicos, dando una apariencia similar a un «panal de abejas»⁴. Las áreas hipocogénicas representan a los fascículos nerviosos, mientras que los septos ecogénicos representan el perineuro interfascicular⁷. Las secciones longitudinales también revelan la arquitectura fascicular, dando lugar a un aspecto de «haz de paja» (Fig. 4).

El diámetro normal de un nervio depende de la zona anatómica donde se está examinando, ya que su calibre disminuye progresivamente desde proximal hacia distal. Es una disminución de calibre sutil, sin alteraciones de la superficie; no existen cambios de calibre abruptos en un nervio normal. El nervio es hiperecogénico respecto al músculo, y el tendón es más ecogénico que el nervio³ (Fig. 5).

Los músculos tienen un patrón arquitectónico único. Son hipocogénicos e intercalados con focos hiperecogénicos que corresponden al tejido fibroso de soporte, que los distingue fácilmente de los nervios.

Los tendones se observan en una disposición más compacta y homogénea que los nervios, y se mueven proporcionalmente con el movimiento de las articulaciones¹¹. Los tendones tienen mayor anisotropía que los nervios. En el caso de los nervios, los cambios sutiles en el ángulo de exploración no alteran su apariencia en la forma que alteran la apariencia de los tendones.

La forma de un nervio en su eje corto o sección transversal puede ser diferente según los individuos: redondo, ovoideo, triangular, de morfología irregular o puede cambiar por la presión del transductor o con el movimiento de músculos vecinos. Un nervio también puede cambiar su morfología a lo largo de su trayecto; por ejemplo, ser triangular en su segmento proximal y mas ovoideo hacia distal.

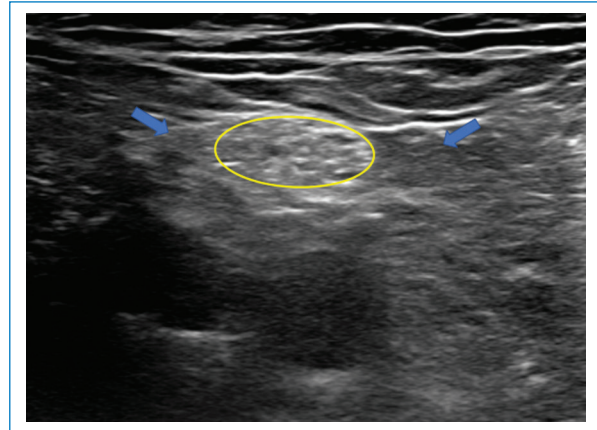


Figura 3. Nervio tibial con su contorno marcado en amarillo. Tejido graso rodeando el nervio (flechas azules).

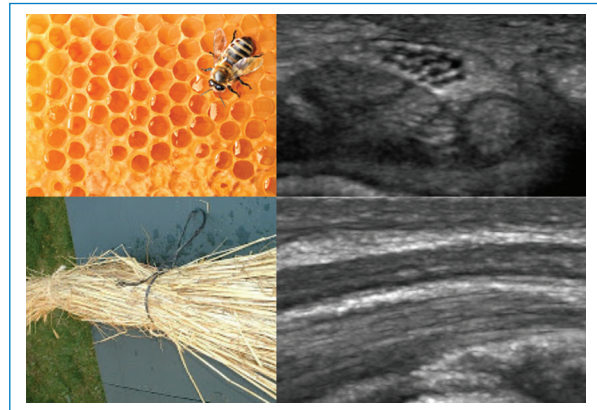


Figura 4. Aspecto «en panal de abejas» en el eje corto del nervio y en «haz de paja» en el eje largo.

Es necesario tener en cuenta que existen variantes anatómicas, como nervios bífidos o trifidos.

Los nervios motores y sensomotores pueden ser evaluados indirectamente analizando los músculos que inervan¹². En casos de denervación crónica, comparando con el lado contralateral es posible determinar la presencia de atrofia e infiltración grasa.

Vascularización

La vascularización se evalúa colocando la caja de Doppler color sobre el nervio y aumentando lentamente la ganancia. En el nervio normal no se identifica señal Doppler color. La congestión vascular, presumiblemente debido a compresión por respuesta inflamatoria

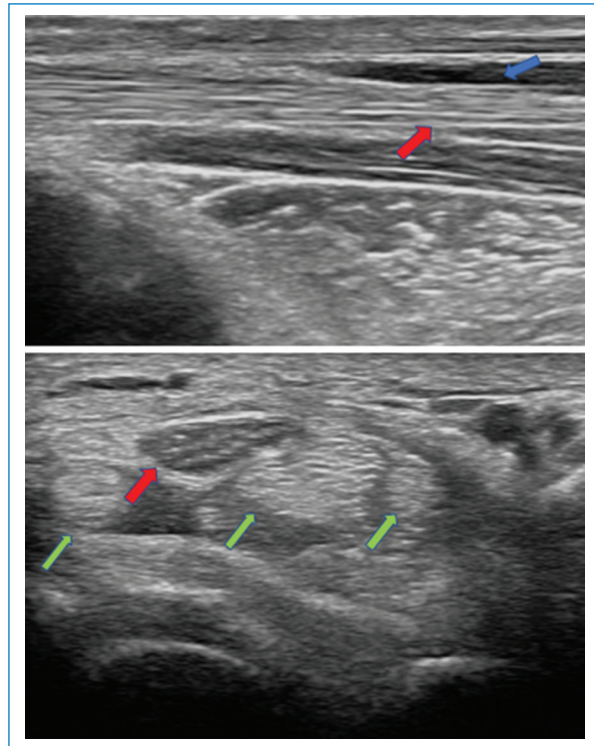


Figura 5. Nervio (flecha roja) hiperecogénico respecto al músculo (flecha azul). Tendones (flechas verdes) hiperecogénicos respecto al nervio.

en algunas neuropatías, puede causar un aumento de flujo intraneural. Su determinación es subjetiva¹¹.

Ecogenicidad

Como ya se mencionó, la ecogenicidad normal se caracteriza por un patrón que mezcla los fascículos hipoeecogénicos intercalados en un fondo más ecogénico. En condiciones patológicas, el edema intraneural puede disminuir la ecogenicidad y producir pérdida del patrón fascicular. De forma similar a la vascularización, la ecogenicidad se evalúa subjetivamente con la inspección visual de la imagen¹¹.

Movilidad

En el examen dinámico, los nervios muestran un movimiento deslizante sobre los músculos y los tendones¹¹. En algunas exploraciones es necesario, además, determinar la estabilidad o el atrapamiento dinámico del nervio, como en los casos de neuropatía cubital en el túnel o el nervio mediano en el túnel del carpo.

Técnica de exploración

La posición del paciente puede ser recostado en una camilla o sentado, dependiendo del nervio o nervios que serán explorados. Es importante que todo el trayecto del nervio esté al alcance del operador. Las articulaciones por las que pasen dichos nervios deben poder movilizarse durante el examen. La posición del operador debe ser cómoda y óptima para realizar el barrido completo³.

Los nervios periféricos distales a la pelvis en la extremidad inferior y distales a la axila en la extremidad superior deben ser estudiados con transductores de alta frecuencia. Dependiendo de la textura del paciente se puede utilizar un transductor de 12-5 MHz o de 18-5 MHz. Los nervios de las manos y de los pies pueden ser mejor evaluados con el transductor de 15-7 MHz «palo de hockey». Es posible que sea necesario un transductor curvo de 5-9 MHz cuando se explora el muslo posterior de pacientes obesos o de textura gruesa.

En términos generales, dependiendo de la textura del paciente, debe utilizarse la frecuencia más alta disponible para examen de los nervios periféricos³.

El gel debe ser aplicado en forma abundante, abarcando todo el trayecto del nervio³. Esto ayuda a no perder la imagen del nervio durante el rastreo.

El conocimiento de la anatomía y de la topografía regional es indispensable para la correcta evaluación ecográfica de los nervios periféricos.

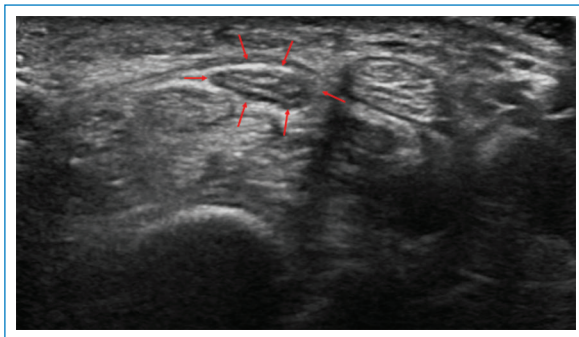
Se han determinado reparos anatómicos o puntos de referencia para el estudio de cada nervio individual; por ejemplo, la arteria braquial para identificar el nervio mediano en el brazo, los músculos flexores superficiales y profundos para su trayecto en el antebrazo, la arteria cubital para el nervio cubital en la muñeca, los músculos escalenos anterior y medio y la arteria subclavia en el plexo braquial, etc. (Tabla 2).

Es importante tener un protocolo de estudio para cada nervio. El examen se inicia desde un punto de referencia anatómico conocido³. Una vez identificado el nervio en cualquier sitio, este se puede rastrear continuamente hacia proximal y distal siguiendo su eje corto o plano axial. Si durante el examen se pierde la imagen del nervio mientras se rastrea, el protocolo debe comenzar de nuevo desde el principio. Una vez localizado el segmento de mayor interés, se busca el eje largo o longitudinal.

Aunque todos los nervios principales se encuentran fácilmente y se ubican de acuerdo a estos reparos anatómicos, el conocimiento sobre el trayecto completo

Tabla 2. Reparos anatómicos para el estudio de nervios

Región anatómica	Reparo anatómico	Nervio
Cuello	Músculo escaleno anterior y medio Arteria subclavia	Segmento supraclavicular del plexo braquial
Brazo	Arteria braquial	Nervio mediano
Codo	Epicóndilo medial del húmero	Nervio cubital
Antebrazo	Músculos flexores superficiales y profundos	Nervio mediano
Muñeca	Túnel del carpo	Nervio mediano
Muñeca	Arteria cubital	Nervio cubital
Muslo	Trocánter mayor/tuberosidad isquiática	Nervio ciático
Muslo/pierna	Arteria poplítea	Nervio ciático distal
Rodilla	Cabeza del peroné	Nervio peroneo
Tobillo medial	Arteria tibial posterior	Nervio tibial posterior
Tobillo lateral	Cabeza del peroné	Nervio peroneo

**Figura 6.** Margen periférico del nervio en el eje corto que representa el epineuro epifascicular donde debe realizarse la medición.

de cada nervio y sus estructuras circundantes es fundamental para una evaluación más precisa.

Debido a que el aumento del diámetro del nervio es el marcador diagnóstico más importante para determinar patología, la cuantificación del tamaño del nervio es esencial. El área de sección transversal y la relación del aumento de volumen se pueden determinar en imágenes axiales o eje corto, y el diámetro puede estimarse en imágenes axiales y longitudinales. Para una

medición correcta, el transductor debe posicionarse perpendicular al nervio y con una mínima presión. La medición debe realizarse justo en el margen ecogénico del nervio (Fig. 6).

Otro parámetro que debe ser evaluado es el aplastamiento focal con disminución del calibre de un nervio, especialmente en las neuropatías por atrapamiento. En estos casos es útil la evaluación del cambio de morfología en el plano axial, que puede pasar de redondeado a triangular u ovalado.

En algunos casos, el protocolo de estudio debe incluir maniobras dinámicas para determinar la estabilidad del nervio.

Conclusiones

El US de alta resolución, en manos expertas y con equipamiento adecuado, constituye la modalidad de estudio por imágenes de elección para la evaluación de las patologías de los nervios periféricos, como tumores, síndromes compresivos, traumatismos e infecciones, y en la evaluación posoperatoria. El conocimiento de la anatomía micro- y macroscópica resulta fundamental para ser un operador confiable. Conocer la técnica de estudio de cada nervio en particular también es relevante para una interpretación correcta.

Financiamiento

Los autores declaran que este trabajo fue realizado sin financiamiento.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores han obtenido el consentimiento informado de los pacientes y/o sujetos referidos en el artículo. Este documento obra en poder del autor de correspondencia.

Bibliografía

1. Stuart RM, Koh ESC, Breidahl WH. Sonography of peripheral nerve pathology. *AJR Am J Roentgenol*. 2004;182:123-9.
2. Kowalska B, Sudol-Szopiińska I. Normal and sonographic anatomy of selected peripheral nerves. Part I: Sonohistology and general principles of examination, following the example of the median nerve. *J Ultrason*. 2012;12:120-30.
3. Thain LMF, Downey DB. Sonography of peripheral nerves: technique, anatomy, and pathology. *Ultrasound Q*. 2002;18:225-45.
4. Lawande A, Warriar S, Joshi M. Role of ultrasound in evaluation of peripheral nerves. *Indian J Radiol Imaging*. 2014;24:254-6.
5. Ali ZS, Pisapia JM, Ma TS, Zager EL, Heuer GG, Khoury V. Ultrasonographic evaluation of peripheral nerves. *World Neurosurg*. 2016;85:333-9.
6. Bacigalupo L, Bianchi S, Valle M, Martinoli C. Ultraschall Peripherer Nerven. *Der Radiologe*. 2003;43:841-9.
7. Kermarrec E, Demondion X, Khalil C, Le Thuc V, Boutry N, Cotten A. Ultrasound and magnetic resonance imaging of the peripheral nerves: current techniques, promising directions, and open issues. *Semin Musculoskelet Radiol*. 2010;14:463-72.
8. Siegal D, Davis L, Scheer M, Walker L. Entrapment neuropathies of the upper extremity nerves. *Curr Radiol Rep*. 2016;1-9.
9. Wavreille G, Baroncini M, Fontaine C. Anatomía, histología y fisiología del nervio periférico. *EMC - Aparato locomotor*. 2011;44:1-9.
10. Maravilla KR, Bowen BC. Imaging of the peripheral nervous system: evaluation of peripheral neuropathy and plexopathy. *AJNR Am J Neuroradiol*. 1998;19:1011-23.
11. Suk JI, Walker FO, Cartwright MS. Ultrasonography of peripheral nerves. *Curr Neurol Neurosci Rep*. 2013;13:328.
12. Kara M, Özçakar L, De Muyck M, Tok F, Vanderstraeten G. Musculoskeletal ultrasound for peripheral nerve lesions. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2012;48:665-674; quiz 708.