



## REVISIÓN

# Desplazamiento del sistema nervioso a partir del movimiento articular mediante ecografía. Revisión bibliográfica

Carles Munné<sup>a,\*</sup> y Carles Pedret<sup>b</sup>

<sup>a</sup> *Departamento de Fisioterapia, UVic-UCC (Campus Manresa), Manresa, Barcelona, España*

<sup>b</sup> *Departamento de Ecografía y Medicina del Deporte, Clínica Diagonal, Barcelona, España*

### PALABRAS CLAVE

Neurodinámica;  
Movimiento nervioso;  
Plano a plano;  
Sistema nervioso periférico

**Resumen** El sistema nervioso tiene la capacidad de adaptarse a las fuerzas mecánicas de tensión, compresión y cizallamiento a las que se ve expuesto en los movimientos diarios. La reducción del deslizamiento del nervio puede alterar su función por el incremento de la tensión neural, pudiendo afectar negativamente y contribuir a la aparición de dolor. El objetivo del estudio es revisar la bibliografía actual respecto al desplazamiento del sistema nervioso y cómo medirlo. Para ello se realiza una búsqueda en Pubmed y PEDro de artículos donde se mida el desplazamiento neural mediante la técnica de «*frame-by-frame cross correlation system*». Se seleccionan 20 estudios: 14 de ellos miden el desplazamiento en personas sanas y 6 comparan con algún tipo de neuropatía periférica. Los resultados muestran la capacidad de movimiento del sistema nervioso periférico durante los diferentes movimientos de segmentos corporales para adaptarse al espacio por donde discurre, aunque no hay una diferencia significativa de desplazamiento entre personas sanas y pacientes con afectación nerviosa.

© 2017 FC Barcelona. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

### KEYWORDS

Neurodynamics;  
Nerve movement;  
Frame-by-frame;  
Peripheral nervous system

**Displacement of the nervous system through articular movement by ultrasound. Bibliographic review**

**Abstract** The nervous system has the capacity to adapt to the mechanical forces of tension, compression and shearing to which it is exposed in daily movements. Reduction of nerve slide may alter its function by increasing neural tension, which may have an adverse effect, contributing to the onset of pain. The objective of the study was to review the current literature regarding the movement of the nervous system and how to measure it. To do this, a search

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [cmunne@umanresa.cat](mailto:cmunne@umanresa.cat) (C. Munné).

was undertaken in Pubmed and PEDro of articles where neural displacement is measured by the "frame-by-frame cross correlation system" technique. Twenty studies were selected: 14 measured displacement in healthy subjects, and 6 compared some form of peripheral neuropathy. The results show that the peripheral nervous system is displaced during the different movements of body segments to adapt to the space through which it runs, although there is no significant difference in displacement between healthy people and patients with nerve involvement.  
© 2017 FC Barcelona. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

## Introducción

Cuando se realiza un movimiento corporal queda claro qué articulación o articulaciones están implicadas, de qué tipo de articulaciones se trata, qué músculos realizan el movimiento, e incluso qué elementos de estabilización pasiva pueden estar actuando. Habitualmente el sistema nervioso es el gran olvidado. Este también se desplazará para adaptarse al movimiento corporal realizado y continuar realizando su función, la de transmisor del impulso nervioso.

Durante las actividades de la vida diaria, los movimientos y las posturas adoptadas generan fuerzas de tensión, compresión y cizalla sobre el sistema nervioso. En condiciones normales, el sistema nervioso tiene la capacidad biomecánica de adaptarse a estas fuerzas para continuar realizando sus funciones<sup>1</sup>. La organización estructural de los nervios periféricos permite a los axones la conducción de los impulsos nerviosos que facilitarán la interacción del individuo con el entorno, mientras dirigen y toleran miles de posturas del tronco, la cabeza y las extremidades.

Se ha sugerido que la reducción de la capacidad de movimiento del nervio puede alterar su función por el incremento de la tensión neural, pudiendo afectar negativamente y contribuir a la aparición de dolor<sup>2-4</sup>.

Si hay cualquier impedimento del desplazamiento del nervio durante el movimiento de una articulación, entonces la sección del nervio próxima a la articulación en movimiento recibirá una tensión mayor para poder acomodarse al cambio en la estructura del lecho nervioso por donde discurre<sup>5-7</sup>. Para que el sistema nervioso se mueva con normalidad hace falta que se adapte correctamente a tres funciones mecánicas: tensión, compresión y desplazamiento<sup>2</sup>. La adaptación a estas funciones mecánicas se produce tanto a nivel del sistema nervioso central como del periférico, y estas funciones interactúan entre sí.

Se puede definir la neurodinámica como una técnica de terapia manual donde el objetivo va orientado a actuar sobre las estructuras nerviosas a partir de la movilización y el posicionamiento de múltiples articulaciones<sup>8</sup>, integrando las funciones biomecánicas y fisiológicas del sistema nervioso como base para poder explicar las posibles alteraciones que se puedan producir cuando este no es capaz de adaptarse a estas fuerzas mecánicas a las que se ve expuesto<sup>3</sup>.

Los datos biomecánicos obtenidos muestran que los movimientos articulares realizados en las técnicas neurodinámicas incrementan la tensión, el desplazamiento y la compresión del nervio evaluado. Cuando se realiza un movimiento articular al final de la movilización neurodinámica,

los efectos biomecánicos se trasladan a lo largo de todo el trayecto de la estructura nerviosa<sup>9,10</sup>.

Para describir los diferentes test neurodinámicos se utilizan secuencias de movimientos estandarizadas. Algunos clínicos son favorables a modificar el orden de las secuencias para poder adecuarse a la clínica de cada paciente. Las diferentes secuencias neurodinámicas se basan en la creencia de que diferentes órdenes de reclutamiento de las diferentes articulaciones generarán diferentes niveles de tensión en un punto concreto de la estructura nerviosa al final de la secuencia neurodinámica<sup>11</sup>. Aun así, estudios en cadáver muestran que cuando las articulaciones se mueven en rangos de movimiento similares la tensión de la estructura nerviosa no se modifica en diferentes órdenes de movimiento, aunque clínicamente, cuando se aplican diferentes secuencias de movimiento, las articulaciones se mueven en diferentes rangos de movimiento<sup>9,11</sup>.

Diferentes estudios<sup>9,11-16</sup> evidencian que cada componente individual de la secuencia neurodinámica induce un efecto sobre la carga mecánica de la estructura nerviosa. Este efecto puede generar un desplazamiento longitudinal y/o transversal del nervio, un incremento de la tensión sobre la estructura nerviosa, un aumento de la compresión... por lo tanto, desde la vertiente mecánica tenemos datos que refuerzan la plausibilidad de la movilización neurodinámica.

Los test neurodinámicos tienen como objetivo principal evaluar la mecanosensibilidad del tejido nervioso, es decir, la capacidad de adaptación del tejido nervioso a un estrés mecánico, ya sea por tensión o por compresión<sup>17,18</sup>. El objetivo no será situar el punto de afectación de la estructura neural evaluada, sino que se requiere una exploración más exhaustiva dada la implicación de otras estructuras, más allá del sistema nervioso, en las respuestas originadas por esta alteración<sup>10,16,19,20</sup>. Diferentes estudios en cadáveres<sup>11,21,22</sup> muestran que las movilizaciones neurodinámicas provocan un desplazamiento del nervio a través de los tejidos que lo rodean. El nervio se desplazará en dirección a la articulación que aumente el lecho nervioso durante la movilización para poder disipar el incremento de tensión que ejercerá el movimiento sobre la estructura nerviosa<sup>21</sup>.

En lo que se refiere a la vertiente terapéutica de las movilizaciones neurodinámicas, se deben definir el tipo de movilizaciones que se encuentran descritas y qué efectos generan para poder restablecer el normal funcionamiento de la estructura nerviosa.

Hay dos tipos de movilizaciones neurodinámicas: movilizaciones en tensión y movilizaciones en deslizamiento<sup>3,21,23</sup>. Las movilizaciones en tensión consisten en realizar la

secuencia neurodinámica de la estructura nerviosa aumentando el lecho nervioso de la misma hasta llegar al punto donde aparezca una primera resistencia al movimiento o la sintomatología del paciente. En ese punto se moviliza un solo componente, normalmente distal, de la secuencia. Este tipo de movilización genera una variación dinámica de la presión intraneural, una mejora del retorno venoso y facilita la evacuación del edema intraneural<sup>24-26</sup>.

Por lo que se refiere a las movilizaciones en deslizamiento, también se realiza la secuencia neurodinámica de la estructura a tratar hasta llegar a la primera resistencia o bien a generar la sintomatología del paciente. Es ese momento, la movilización en deslizamiento se realiza a partir de dos componentes de la secuencia, más o menos separados entre sí, donde uno aumenta el lecho nervioso mientras el otro lo reduce. De esta manera se observa un aumento del movimiento de la estructura nerviosa con poca modificación de la presión intraneural<sup>21</sup>. Los efectos de las movilizaciones en deslizamiento son que trabajan en un amplio rango articular no doloroso, reducen la proliferación de fibroblastos y, por tanto, reducen el tejido de cicatriz a nivel de la estructura nerviosa trabajada, así como mejoran la vascularización del sistema nervioso y el retorno venoso<sup>11,24,27</sup>.

## Ecografía del sistema nervioso

El desarrollo de transductores lineales de alta frecuencia ha comportado mejoras en la resolución de imágenes mediante ecografía. En el caso de las neuropatías compresivas a nivel periférico, la imagen ecográfica se puede complementar con la resonancia magnética y el estudio de la conducción nerviosa. Comparativamente con la resonancia, la ecografía es más económica, comporta menor tiempo para su realización, presenta menos artefactos, es dinámica y mejora la exploración longitudinal de la estructura nerviosa. Por el contrario, el campo de visión es pequeño, la profundidad es limitada y puede presentar un efecto de anisotropía cuando se exploran las estructuras nerviosas. La frecuencia utilizada para observar los nervios periféricos oscila entre los 7 y los 12 MHz<sup>28,29</sup>.

La primera descripción anatómica mediante ecografía del sistema nervioso periférico fue realizada por Fornage<sup>30</sup>, que observó los nervios mediano, cubital, ciático y tibial. De acuerdo con la literatura, un nervio periférico normal muestra una estructura tubular que alterna zonas hipoecogénicas con zonas hiperecogénicas, que corresponden a las fibras nerviosas y al perineuro, dando la impresión de panal de abejas cuando tomamos una imagen transversal. Hay diferentes factores que pueden influir en el calibre del nervio, como pueden ser el índice de masa corporal, la edad y el género<sup>31</sup>.

La diferenciación ecográfica entre tendón y nervio periférico se basa en el hecho de que los tendones, a diferencia de los nervios, muestran numerosas líneas hiperecogénicas paralelas, separadas por líneas hipoecogénicas. Por otro lado, la reducción del desplazamiento del nervio durante un movimiento activo o pasivo de una extremidad será una buena referencia a la hora de diferenciarlo de un tendón<sup>32</sup>.

La ecografía es el método recomendado para evaluar la morfología y la movilidad del nervio periférico, y se ha

demostrado que puede ayudar en el diagnóstico de neuropatías compresivas<sup>33,34</sup>. Ofrece ventajas potenciales sobre otras técnicas por imagen estáticas en el hecho que permite una valoración dinámica y funcional de las neuropatías compresivas<sup>35,36</sup>. La dificultad recae en cuantificar el desplazamiento longitudinal *in vivo* de la estructura nerviosa, ya que es una estructura continua donde no se pueden situar marcadores y que presentará cierto desplazamiento transversal, cosa que puede complicar el seguimiento de la estructura nerviosa en ciertas zonas.

Dilley et al.<sup>37</sup> desarrollaron, con la ayuda de Matlab, un algoritmo para poder medir el desplazamiento de las estructuras nerviosas. El «*frame-by-frame cross correlation system*» se considera una herramienta fiable para calcular el desplazamiento longitudinal del nervio. Este algoritmo puede calcular con éxito movimientos entre 1 y 3 mm en el transductor con menos del 10% de error. Para tomar las medidas se edita un vídeo del desplazamiento de la estructura nerviosa mediante ecografía para ver el movimiento desde la posición de inicio hasta el final del movimiento solicitado. Estas secuencias de vídeo obtenidas se transforman en píxeles, generando entre 50-100 *frames* o imágenes por segundo de vídeo. Se escogen regiones de interés, a partir de las cuales el programa calcula el movimiento relativo del nervio comparando las escalas de grises de cada región adyacente, transformando el valor en milímetros. Toma el valor de cada píxel de una escala de grises y lo compara con la escala de grises del *frame* siguiente. Se calcula un coeficiente de correlación para cada cambio de píxeles individual. El pico de una ecuación cuadrática ajustada a los tres coeficientes de correlación máximos es equivalente al desplazamiento o movimiento de píxeles entre marcos adyacentes.

Para evitar cualquier alteración a nivel del transductor se medirá, de la misma manera que hemos hecho con el nervio, una estructura estática, como pueden ser las capas subcutáneas. Este movimiento se restará del resultado obtenido por el nervio para poder obtener el valor más exacto posible del movimiento de la estructura nerviosa<sup>37-39</sup>.

El objetivo del estudio es hacer una revisión bibliográfica para determinar la fiabilidad del estudio ecográfico en la valoración del desplazamiento nervioso así como observar el desplazamiento de diferentes estructuras nerviosas en diferentes secuencias neurodinámicas.

## Metodología

Se realiza la búsqueda a nivel de Pubmed, Medline y PEDro utilizando las siguientes combinaciones de palabras clave (fig. 1): [Excursion nerve AND Ultrasound], [Neurodynamics AND Ultrasound] y [Nerve movement AND Ultrasound AND (frame-by-frame)].

Los criterios de inclusión son ensayos clínicos, publicados en inglés o castellano, que utilicen la técnica descrita por Dilley para medir el desplazamiento del sistema nervioso.

Quedan excluidos los artículos realizados en cadáver o en animales.

La búsqueda incluye artículos publicados desde enero de 2001 hasta diciembre de 2016.

Dado que la mayoría de los estudios son observacionales, se revisará que cumplan las directrices para la comunicación de los estudios observacionales que figuran en la declaración

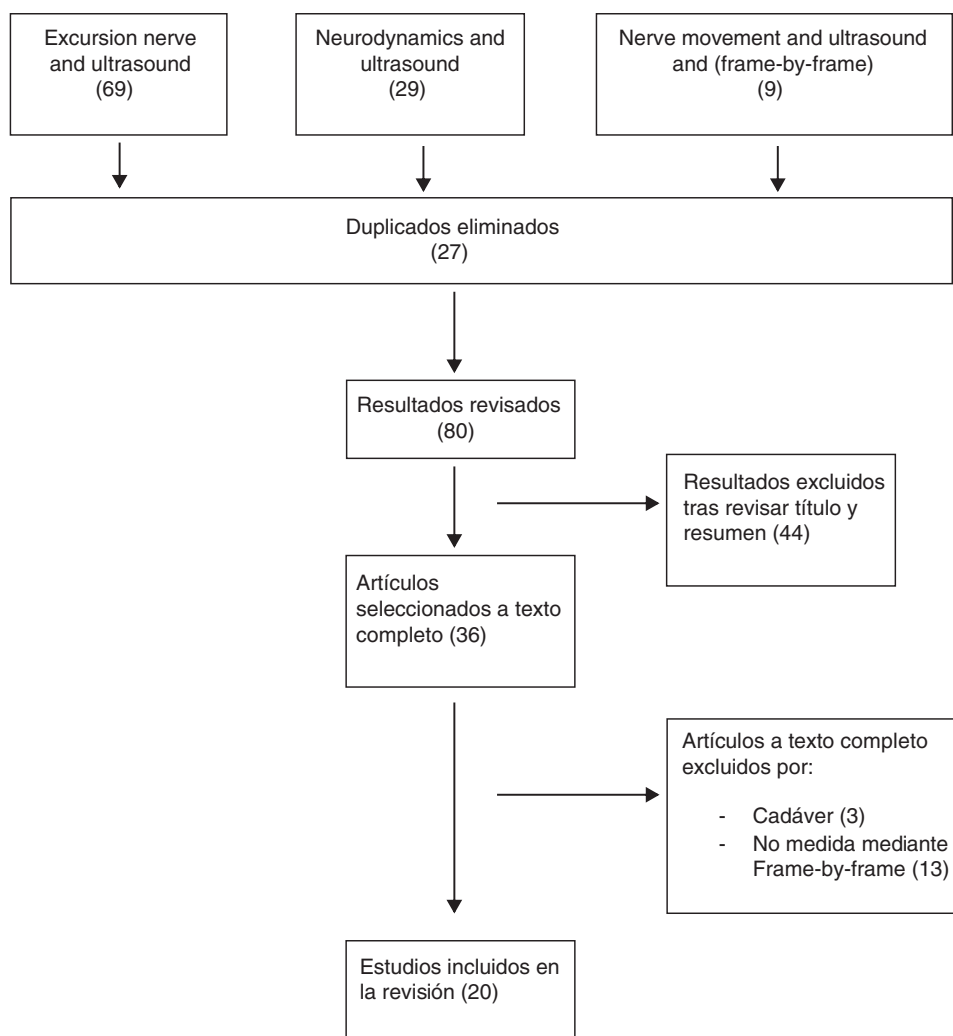


Figura 1 Diagrama de flujo.

de la iniciativa *Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE)*.

Se obtuvieron un total de 107 resultados. Una vez eliminados los duplicados, quedaron un total de 80 artículos para revisar. De estos se descartaron 44 tras leer el título y el resumen, quedando 36 para la lectura completa. Se descartaron tres artículos por ser realizados en cadáver y no *in vivo* y otros 13 por no realizar la medida mediante el método «*frame-by-frame cross correlation system*» descrito por Dilley et al. Quedaron un total de 20 artículos para la realización de la revisión.

## Resultados

De los 20 artículos seleccionados para la revisión, 6 comparan el desplazamiento de la estructura nerviosa en personas con algún tipo de neuropatía periférica o dolor inespecífico con un grupo control de personas asintomáticas<sup>40-45</sup> (tabla 1). Los 14 restantes realizan la medición del desplazamiento de la estructura nerviosa en personas sanas a partir del nervio mediano<sup>37,46-50</sup>, del nervio radial<sup>51</sup> del ciático y sus terminaciones<sup>52-58</sup> (tabla 2).

Parece ser que la fiabilidad de la ecografía, y en concreto el sistema desarrollado por Dilley para medir el desplazamiento longitudinal del sistema nervioso periférico, presenta excelentes resultados. En el estudio de Ellis et al.<sup>58</sup> se obtiene una  $Icc = 0,75$  para el desplazamiento longitudinal del nervio ciático. Carroll et al.<sup>53</sup> obtienen una  $ICC = 0,93$  para el desplazamiento del nervio tibial, similar al estudio de Ridehalgh et al.<sup>38</sup>, donde el resultado para el desplazamiento del nervio ciático en el *Straight Leg Raising* (SLR) es  $ICC = 0,93-0,96$ . A nivel de la extremidad superior se observa una correlación de moderada a alta en el estudio del desplazamiento del nervio radial realizado por Kasehagen et al.<sup>51</sup> ( $ICC = 0,63-0,86$ ).

A nivel de la extremidad superior el nervio más evaluado es el nervio mediano, posiblemente por ser más fácil de localizar y poder medir mejor el desplazamiento. Se observa que hay disparidad de criterios en la posición adoptada por el paciente para la recogida de datos, cosa que va a dificultar la comparativa de los resultados. La posición de la cintura escapular va desde los 20° de abducción de Julius et al.<sup>51</sup> a los 90° de Dilley et al. y Coppieters et al.<sup>49</sup>, pasando por los 30° y los 45°. A nivel de codo, muñeca y dedos hay también múltiples variantes, que van en función del movimiento que

**Tabla 1** Desplazamiento del nervio periférico. Comparativa nervio afectado y grupo control

Autor	Tamaño muestra	Posición paciente	Lugar de muestra	Movimiento solicitado	Resultado
Erel (2003)	17 síndrome del túnel carpiano; 19 grupo control	Decúbito supino con abducción de 45° y 90° de GH, extensión de codo y supinación	1/3 distal del antebrazo	Extensión de MTC-F (de 90° de flexión a 0°)	2,62 mm de deslizamiento distal grupo control, 2,20 mm STC
Greening (2005)	9 pacientes Wiplash/8 grupo control // 8 pacientes dolor inespecífico brazo/7 grupo control	Decúbito supino ABD 30° GH, extensión de codo y antebrazo en supinación	1/3 medio antebrazo	Inspiración máxima	Wiplash: 0,38 mm/GC; 1,32 mm. Dolor inespecífico brazo 0,49 mm/GC; 1,55 mm
Dilley (2007)	18 dolor inespecífico brazo; 39 grupo control	<i>Extensión de muñeca:</i> ABD de 45° con rotación externa, extensión de codo y supinación. <i>Extensión MTC-F:</i> ABD 90°, codo y muñeca en extensión. <i>Extensión de codo:</i> ABD 90° y posición neutra muñeca	1/3 medio antebrazo y 1/3 distal brazo	Extensión de muñeca, Extensión de MTC-F, extensión de codo	No se observan diferencias significativas en el movimiento entre grupo intervención y grupo control.
Erel (2010)	10 (3 mujeres 7 hombres) con sutura nervio mediano	Decúbito supino, 45° ABD GH y extensión de codo y supinación	5-15 cm proximal al pliegue de la muñeca	Extensión MTC-F de 90° de flexión a posición neutra	2,15 mm nervio afectado; 2,54 mm lado sano. Correlación entre reducción de deslizamiento y tiempo entre lesión e intervención quirúrgica
Boyd (2012)	5 pacientes diabetes tipo 2. 5 personas sanas	Decúbito lateral, con cadera a 20° de flexión y extensión de rodilla. Decúbito lateral, con flexión de cadera hasta el punto donde aparezca respuesta sensitiva, extensión de rodilla	Agujero poplíteo	Flexión dorsal de tobillo de 30° de flexión plantar a posición neutra	En <i>flexión de 20°</i> : 2,18 mm GC, 0,83 mm diabetes. <i>Flexión de cadera max</i> : 0,66 mm GC, 0,42 mm diabetes
Ridehalg, C. (2015)	18 personas asintomáticas. 67 personas con dolor referido a la extremidad inferior	Decúbito lateral, con 30° y 60° de flexión de cadera y flexión de rodilla a 90°	Cara posterior del muslo	Extensión de rodilla en 3 fases: de 90° a 45°, de 45° a 20° y de 20° a extensión completa	No diferencia significativa entre grupo control y grupo de dolor referido (10 mm y 10'3 mm). Ligera reducción de desplazamiento en los grupos de radiculopatía y dolor radicular (9'4 mm y 8'8 mm)

se solicita a la persona. En este aspecto, se solicitan diferentes movimientos tanto activos como pasivos. En todos los casos se observa que el nervio se desplaza hacia la articulación, que aumenta el lecho nervioso. Se observa un mayor

desplazamiento del nervio en la zona próxima a la articulación que se está movilizándolo. A medida que nos alejamos de la articulación solicitada, el desplazamiento del nervio se reduce. En las movilizaciones de deslizamiento, el des-

**Tabla 2** Desplazamiento del nervio periférico en pacientes sanos

Autor	Tamaño muestra	Posición paciente	Lugar de muestra	Movimiento solicitado	Resultado
Dilley (2001)	10 (3 muñeca/ 7 índice)	Decúbito supino. <i>Muñeca:</i> ABD GH 201, extensión de codo y antebrazo en supinación <i>Índice:</i> igual que en muñeca pero con ABD de 45°	6-12 cm por encima de la muñeca	<i>Muñeca:</i> extensión pasiva radiocarpiana de 0° a 30°. <i>Índice:</i> Mov. pasivo de máxima flexión a 30° de extensión MTC-F	2,8-3,9 mm de desplazamiento en extensión pasiva radiocarpiana; 1,6-4,5 mm (SD ± 0,4 mm) en extensión pasiva del índice
Dilley (2003)	34 (23 mujeres/ 11 hombres)	<i>Extensión radiocarpiana:</i> ABD GH a 30°-45°-90° con extensión completa o flexión de 90° de codo. Antebrazo en supinación. <i>Abducción GH:</i> ABD GH 10° con extensión de codo y antebrazo en supinación. <i>Extensión de codo:</i> ABD GH 90° y radiocarpiana en posición neutra o extensión de 45°. <i>Inclinación contralateral cervical:</i> ABD GH a 30° y 90° con codo en extensión y antebrazo en supinación	1/3 distal del antebrazo, 1/3 distal del brazo y 1/3 proximal del antebrazo	<i>Extensión radiocarpiana:</i> de 60° de flexión a 40° de extensión. <i>Abducción GH:</i> de 10° a 90°. <i>Extensión de codo:</i> de 90° de flexión a 0°. <i>Inclinación cervical contralateral</i>	En la extensión radiocarpiana se observa un deslizamiento distal del nervio mediano. Hay una reducción del 20% del desplazamiento con el brazo en ABD de 90° respecto a ABD de 45°. Con el codo en flexión de 90° al realizar la extensión radiocarpiana no se observa movimiento relativo a nivel del brazo y sí a nivel del antebrazo. Se observa deslizamiento de la estructura nerviosa hacia la articulación que genera tensión. De los tres movimientos, el que genera un mayor desplazamiento es la inclinación cervical contralateral (2,3 mm a nivel del brazo y 1,5 mm a nivel del antebrazo). La antepulsión de hombro reduce el desplazamiento
Julius (2004)	14 (9 mujeres/ 5 hombres)	<i>Antepulsión y flexión de tronco:</i> flexión 90° GH y ABD 20° GH, extensión de codo y supinación. <i>Inclinación contralateral cervical:</i> ABD 90° GH, codo en extensión y supinación de antebrazo	Antebrazo	Antepulsión cervical, flexión de tronco e inclinación cervical contralateral	La movilización pasiva genera un mayor desplazamiento de la estructura nerviosa en todas sus variantes que la movilización activa. El desplazamiento de la estructura nerviosa es distal en el movimiento pasivo de extensión de muñeca y dedos, en cambio es proximal en el movimiento activo de flexión de dedos.
Echigo (2008)	34 mujeres	Decúbito supino y abducción glenohumeral de 30°	1/3 proximal del antebrazo	<i>Extensión pasiva de muñeca y dedos</i> en diferentes combinaciones de posición de codo y antebrazo. <i>Movimiento activo</i> de flexión IFP e IFD y triple flexión IF y MTCF	La movilización en deslizamiento genera un mayor desplazamiento de la estructura nerviosa que la de tensión (10,2 mm y 1,8 mm, respectivamente)
Coppieters (2009)	15 (8 mujeres/ 7 hombres)	Decúbito supino con abducción de 90° y rotación externa GH	7-10 cm proximal a epicóndilo medial	Deslizamiento: extensión de codo + inclinación homolateral. Tensión: extensión de codo + inclinación contralateral cervical	

Tabla 2 (continuación)

Autor	Tamaño muestra	Posición paciente	Lugar de muestra	Movimiento solicitado	Resultado
Brochwicz, B. (2013)	11 (6 mujeres y 5 hombres) y 9 (5 mujeres y 4 hombres)	Decúbito supino con ABD 30° + RE GH y extensión de codo	Antebrazo	Traslación cervical e inclinación cervical	3,3 mm de desplazamiento en translación. 2,3 mm en inclinación
Kasehagen, B. (2016)	30 (18 mujeres y 12 hombres)	Decúbito supino con ABD 45°, extensión de codo y MTCF a 30° de flexión.	1-5 cm proximal a la articulación húmero-cubital.	Flexión y desviación cubital de muñeca tanto activa como pasiva en pronación y supinación de antebrazo	El nervio radial presenta mayor desplazamiento con el antebrazo en supinación que en pronación (1,41 mm vs 1,06 mm) Movimiento pasivo genera mayor recorrido que activo 1,42 mm vs 1,04 mm)
Ellis, R. (2008)	27 (14 mujeres y 13 hombres)	Posición de SLUMP test con flexión de cadera de 90° y de rodilla de 50°	Cara posterior del muslo y agujero poplíteo	De máxima flexión cervical i flexión plantar a extensión cervical activa i flexión dorsal de tobillo pasiva	3,47 mm cara posterior de la cadera, 5,22 mm en el agujero poplíteo.
Ellis, R. (2012)	31 (22 mujeres 9 hombres)	Posición de SLUMP test con flexión de cadera de 90°.	1/3 medio cara posterior muslo	Extensión cervical y extensión de rodilla (de 80° a 20° de flexión), movilización en tensión.	3,2 mm de desplazamiento en deslizamiento. 2'6 mm en tensión. Si sólo se mueve componente cervical hay poco desplazamiento a nivel de muslo (0,1 mm)
Carroll, M. (2012)	16 (10 mujeres y 6 hombres)	Bipedestación con el pie sobre una plataforma móvil que realiza la flexión dorsal de tobillo des de 10° de flexión plantar hasta los 20° de flexión dorsal.	zona retromaleolar tibial	Flexión dorsal de tobillo	3 mm en sentido caudal
Shum, G. (2013)	25(14 mujeres y 11 hombres)	Bipedestación con extensión de rodillas	Agujero poplíteo	Flexión de tronco y cadera	12,2 mm en sentido proximal
Ridehalgh, C. (2014)	18 (9 mujeres y 9 hombres)	Decúbito lateral con cadera a 30° y 60° de flexión	10 cm distal al pliegue gluteo	Extensión de rodilla en 3 fases: de 90° de flexión a 45°, de 45° a 20° y de 20° a 0°	En flexión 30° de cadera: 9,9-10,1 mm. En flexión de 60°: 12,4-12,5 mm
Coppieters, M. (2015)	15 (9 mujeres y 6 hombres)	Decúbito lateral.	Cara posterior del muslo en la zona donde se observa menor desplazamiento transversal	Diferentes combinaciones de movimiento de cadera y rodilla	La movilización en deslizamiento presenta mayor recorrido que el resto, hasta 17 mm. La movilización en tensión genera 3,2 mm de desplazamiento
Ellis, R. (2016)	16 mujeres y 18 hombres)	En sedestación en posición de SLUMP o erguido. Flexión de cadera 90°.	1/3 medio cara posterior del muslo	Movilizaciones en deslizamiento y tensión combinando movimientos de cervicales y rodilla	Mayor desplazamiento en posición erecta que en SLUMP aunque no significativo (6,9 mm-6,4 mm respectivamente)

plazamiento del nervio en la zona de medida es mayor si los componentes para el deslizamiento están próximos a ella. Esto se observa perfectamente en los estudios que evalúan el desplazamiento del nervio ciático a nivel de la cara posterior del muslo. En este caso, se eligen dos tipos de movilización mayoritariamente: a partir del Slump test, con los componentes cervical y rodilla<sup>52,57</sup>, o combinando la flexión de cadera con la flexión de rodilla y la extensión de cadera con la extensión de rodilla<sup>45,59</sup>. En estos casos se observa un mayor desplazamiento del nervio ciático en los estudios que utilizan los componentes de la extremidad inferior para generar el desplazamiento. Cuando se eligen componentes muy alejados de la zona de medida (p.ej., flexión cervical para deslizamiento de ciático en el muslo) el desplazamiento es muy pequeño<sup>52</sup>.

En el estudio de Kasehagen et al.<sup>51</sup>, donde se evalúa el desplazamiento del nervio radial a nivel supracondíleo a partir del movimiento activo y pasivo de la muñeca hacia la flexión palmar o la desviación cubital, resulta significativo observar que se produce un mayor desplazamiento del nervio con el antebrazo en supinación que en pronación, cosa que difiere con la descripción del ULNT2b correspondiente al nervio radial, donde se describe el test a partir de la pronación del antebrazo<sup>9,15</sup>. En este mismo estudio se observa también un mayor desplazamiento a partir de movilizaciones pasivas que a partir de las activas debido al mayor rango de movilidad generado.

Los estudios analizados corroboran diferentes principios en los que se basa la neurodinámica. Se observa un desplazamiento de la estructura nerviosa respecto a los tejidos adyacentes más o menos significativa en todos y cada uno de los estudios. El desplazamiento del nervio va en dirección a la articulación que aumenta el lecho nervioso por donde discurre la estructura nerviosa; por tanto, la articulación que incrementa la tensión sobre el nervio.

Respecto a los estudios que comparan el desplazamiento entre personas sanas y personas con alguna neuropatía periférica, no se observan resultados significativos para afirmar que el hecho de tener una neuropatía va a provocar una reducción del desplazamiento de la estructura nerviosa alrededor de las estructuras adyacentes. Ridehalgh et al.<sup>45</sup> observan una leve reducción del deslizamiento en los subgrupos de radiculopatía y dolor radicular, pero no observan diferencias en el grupo de dolor somático referido. De esta manera se deben tener en cuenta otros aspectos, no únicamente los cambios anatomopatológicos, en la generación de dolor en una neuropatía periférica, como pueden ser la reducción del flujo sanguíneo o la generación de un edema endoneural y activación del sistema inmune.

Ante una reparación por sección del nervio sí se observa una reducción significativa del desplazamiento de la estructura nerviosa respecto a personas sanas, y además hay una correlación directa entre la reducción del desplazamiento y el tiempo de demora en la intervención quirúrgica. Se observa menor desplazamiento cuanto mayor ha sido la demora en la intervención.

La limitación principal de la técnica ecográfica para evaluar el movimiento longitudinal de los nervios periféricos es el movimiento transversal de la propia estructura, que provoca que la estructura a evaluar salga fuera del plano de imagen en el estudio de desplazamiento longitudinal. Para

minimizarlo, algunos de los estudios describen zonas donde este desplazamiento lateral es muy reducido<sup>52,55,58,59</sup>.

En futuras investigaciones se debería abordar la observación de la movilidad de las estructuras nerviosas en personas con otro tipo de afectación musculoesquelética, como pueden ser las lesiones musculares y su relación con las estructuras nerviosas adyacentes. De esta manera, dentro del trabajo de recuperación ha de implementarse un trabajo específico de la estructura nerviosa, en caso de observarse una reducción del deslizamiento de la misma respecto a las estructuras adyacentes.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Bibliografía

1. Silva A, Manso A, Andrade R, Domingues V, Brandão MP, Silva AG. Quantitative in vivo longitudinal nerve excursion and strain in response to joint movement: A systematic literature review. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2014;29:839–47.
2. Shacklock MO. *Neurodinámica clínica: un nuevo sistema de tratamiento musculoesquelético*. Barcelona: Elsevier; 2006.
3. Shacklock M. Neural mobilization: A systematic review of randomized controlled trials with an analysis of therapeutic efficacy. *J Man Manip Ther*. 2008;16:23–4.
4. Walsh J, Hall T. Agreement and correlation between the straight leg raise and slump tests in subjects with leg pain. *J Manipulative Physiol Ther*. 2009;32:184–92.
5. Yang SN, Yoon JS, Kim SJH, Kang HJ, Kim SJH. Movement of the ulnar nerve at the elbow: A sonographic study. *J Ultrasound Med*. 2013;32:1747–52.
6. Wainner RS, Fritz JM, Irrgang JJ, Delitto A, Allison S, Boninger ML. Development of a clinical prediction rule for the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86:609–18.
7. Urban LM, MacNeil BJ. Diagnostic accuracy of the slump test for identifying neuropathic pain in the lower limb. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2015;45:596–603.
8. Bialosky JE, Bishop MD, Price DD, Robinson ME, Vincent KR, George SZ. A randomized sham-controlled trial of a neurodynamic technique in the treatment of carpal tunnel syndrome. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2009;39:709–23.
9. Nee RJ, Jull GA, Vicenzino B, Coppiteters MW. The validity of upper-limb neurodynamic tests for detecting peripheral neuropathic pain. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2012;42:413–24.
10. Schmid AB, Brunner F, Luomajoki H, Held U, Bachmann LM, Künzer S, et al. Reliability of clinical tests to evaluate nerve function and mechanosensitivity of the upper limb peripheral nervous system. *BMC Musculoskelet Disord*. 2009;10:11.
11. Nee RJ, Yang CH, Liang C-C, Tseng G-F, Coppiteters MW. Impact of order of movement on nerve strain and longitudinal excursion: A biomechanical study with implications for neurodynamic test sequencing. *Man Ther*. 2010;15:376–81.
12. Apelby-Albrecht M, Andersson L, Kleiva IW, Kvåle K, Skillgate E, Josephson A. Concordance of upper limb neurodynamic tests with medical examination and magnetic resonance imaging in patients with cervical radiculopathy: A diagnostic cohort study. *J Manipulative Physiol Ther*. 2008;36:626–32.
13. Trainor K, Pinnington MA. Reliability and diagnostic validity of the slump knee bend neurodynamic test for upper/mid lumbar nerve root compression: A pilot study. *Physiotherapy*. 2011;97:59–64.



14. Legakis A, Boyd BS. The influence of scapular depression on upper limb neurodynamic test responses. *J Man Manip Ther.* 2012;20:75–82.
15. Petersen CM, Zimmermann CL, Hall KD, Przechera SJ, Julian JV, Coderre NN. Upper limb neurodynamic test of the radial nerve: A study of responses in symptomatic and asymptomatic subjects. *J Hand Ther.* 2009;22:344–53, quiz 354.
16. Vanti C, Bonfiglioli R, Calabrese M, Marinelli F, Violante FS, Pillastrini P. Relationship between interpretation and accuracy of the upper limb neurodynamic test 1 in carpal tunnel syndrome. *J Manipulative Physiol Ther.* 2012;35:54–63.
17. Bove GM, Ransil BJ, Lin HC, Leem JG. Inflammation induces ectopic mechanical sensitivity in axons of nociceptors innervating deep tissues. *J Neurophysiol.* 2003;90:1949–55.
18. Boyd BS, Wanek L, Gray AT, Topp KS. Mechanosensitivity of the lower extremity nervous system during straight-leg raise neurodynamic testing in healthy individuals. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2009;39:780–90.
19. Vanti C, Conteddu L, Guccione A, Morsillo F, Parazza S, Viti C, et al. The Upper Limb Neurodynamic Test 1: Intra- and intertester reliability and the effect of several repetitions on pain and resistance. *J Manipulative Physiol Ther.* 2010;33:292–9.
20. Walsh J, Hall T. Reliability, validity and diagnostic accuracy of palpation of the sciatic, tibial and common peroneal nerves in the examination of low back related leg pain. *Man Ther.* 2009;14:623–9.
21. Coppieters MW, Butler DS. Do 'sliders' slide and 'tensioners' tension? An analysis of neurodynamic techniques and considerations regarding their application. *Man Ther.* 2008;13:213–21.
22. Wright TW, Glowczewskie F, Cowin D, Wheeler DL. Radial nerve excursion and strain at the elbow and wrist associated with upper-extremity motion. *J Hand Surg Am.* 2005;30:990–6.
23. Coppieters MW, Alshami AM, Babri AS, Souvlis T, Kippers V, Hodges PW. Strain and excursion of the sciatic, tibial, and plantar nerves during a modified straight leg raising test. *J Orthop Res.* 2006;24:1883–9.
24. Schmid AB, Elliott JM, Strudwick MW, Little M, Coppieters MW. Effect of splinting and exercise on intraneural edema of the median nerve in carpal tunnel syndrome—an MRI study to reveal therapeutic mechanisms. *J Orthop Res.* 2012;30:1343–50.
25. Brown CL, Gilbert KK, Brismee J-M, Sizer PS, Roger James C, Smith MP. The effects of neurodynamic mobilization on fluid dispersion within the tibial nerve at the ankle: An unembalmed cadaveric study. *J Man Manip Ther.* 2011;19:26–34.
26. Gilbert KK, Smith MP, Sobczak S, James CR, Sizer PS, Brismée JM. Effects of lower limb neurodynamic mobilization on intraneural fluid dispersion of the fourth lumbar nerve root: An unembalmed cadaveric investigation. *J Man Manip Ther.* 2015;23:239–45.
27. Castellote-Caballero Y, Valenza MC, Martín-Martín L, Cabrera-Martos I, Puenteadura EJ, Fernández-de-las-Peñas C. Effects of a neurodynamic sliding technique on hamstring flexibility in healthy male soccer players. A pilot study. *Phys Ther Sport.* 2013;14:156–62.
28. Choi SJ, Ahn JH, Ryu DS, Kang CH, Jung SM, Park MS, et al. Ultrasonography for nerve compression syndromes of the upper extremity. *Ultrasonography.* 2015;34:275–91.
29. Cartwright MS, Walker FO. Neuromuscular ultrasound in common entrapment neuropathies. *Muscle Nerve.* 2013;48:696–704.
30. Fornage BD. Peripheral nerves of the extremities: Imaging with US. *Radiology.* 1988;167:179–82.
31. Cartwright MS, Passmore LV, Yoon JS, Brown ME, Caress JB, Walker FO. Cross-sectional area reference values for nerve ultrasonography. *Muscle Nerve.* 2008;37:566–71.
32. Kerasnoudis A, Tsigvoulis G. Nerve ultrasound in peripheral neuropathies: A review. *J Neuroimaging.* 2015;25:528–38.
33. Tagliafico A, Martinoli C. Reliability of side-to-side sonographic cross-sectional area measurements of upper extremity nerves in healthy volunteers. *J Ultrasound Med.* 2013;32:457–62.
34. Bargalló X, Carrera A, Sala-Blanch X, Santamaría G, Morro R, Llusá M, et al. Ultrasound-anatomic correlation of the peripheral nerves of the upper limb. *Surg Radiol Anat.* 2010;32:305–14.
35. Paquette P, Lamontagne M, Higgins J, Gagnon DH. Repeatability and minimal detectable change in longitudinal median nerve excursion measures during upper limb neurodynamic techniques in a mixed population: A pilot study using musculoskeletal ultrasound imaging. *Ultrasound Med Biol.* 2015;41:2082–6.
36. Van Doesburg MHM, Henderson J, Mink van der Molen AB, An KNN, Amadio PC. Transverse plane tendon and median nerve motion in the carpal tunnel: Ultrasound comparison of carpal tunnel syndrome patients and healthy volunteers. *PLoS One.* 2012;7:1–5.
37. Dilley A, Greening J, Lynn B, Leary R, Morris V. The use of cross-correlation analysis between high-frequency ultrasound images to measure longitudinal median nerve movement. *Ultrasound Med Biol.* 2001;27:1211–8.
38. Ridehalgh C, Moore A, Hough A. Repeatability of measuring sciatic nerve excursion during a modified passive straight leg raise test with ultrasound imaging. *Man Ther.* 2012;17:572–6.
39. Boyd BS, Topp KS, Coppieters MW. Impact of movement sequencing on sciatic and tibial nerve strain and excursion during the straight leg raise test in embalmed cadavers. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2013;43:398–403.
40. Erel E, Dilley A, Greening J, Morris V, Cohen B, Lynn B. Longitudinal sliding of the median nerve in patients with carpal tunnel syndrome. *J Hand Surg Br.* 2003;28:439–43.
41. Greening J, Dilley A, Lynn B. In vivo study of nerve movement and mechanosensitivity of the median nerve in whiplash and non-specific arm pain patients. *Pain.* 2005;115:248–53.
42. Dilley A, Odeyinde S, Greening J, Lynn B. Longitudinal sliding of the median nerve in patients with non-specific arm pain. *Man Ther.* 2008;13:536–43.
43. Erel E, Dilley A, Turner S, Kumar P, Bhatti WA, Lees VC. Sonographic measurements of longitudinal median nerve sliding in patients following nerve repair. *Muscle Nerve.* 2010;41:350–4.
44. Boyd BS, Gray AT, Dilley A, Wanek L, Topp KS. The pattern of tibial nerve excursion with active ankle dorsiflexion is different in older people with diabetes mellitus. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2012;27:967–71.
45. Ridehalgh C, Moore A, Hough A. Sciatic nerve excursion during a modified passive straight leg raise test in asymptomatic participants and participants with spinally referred leg pain. *Man Ther.* 2015;20:564–9.
46. Dilley A, Lynn B, Greening J, DeLeon N. Quantitative in vivo studies of median nerve sliding in response to wrist, elbow, shoulder and neck movements. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2003;18:899–907.
47. Echigo A, Aoki M, Ishiai S, Yamaguchi M, Nakamura M, Sawada Y. The excursion of the median nerve during nerve gliding exercise: An observation with high-resolution ultrasonography. *J Hand Ther.* 2008;21:221–7.
48. Brochwicz P, von Piekartz H, Zalpour C. Sonography assessment of the median nerve during cervical lateral glide and lateral flexion. Is there a difference in neurodynamics of asymptomatic people? *Man Ther.* 2013;18:216–9.
49. Coppieters MW, Hough AD, Dilley A. Different nerve-gliding exercises induce different magnitudes of median nerve longitudinal excursion: An in vivo study using dynamic ultrasound imaging. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2009;39:164–71.
50. Julius A, Lees R, Dilley A, Lynn B. Shoulder posture and median nerve sliding. *BMC Musculoskelet Disord.* 2004;5:23.
51. Kasehagen B, Ellis R, Mawston G, Allen S, Hing W. Assessing the reliability of ultrasound imaging to examine radial nerve excursion. *Ultrasound Med Biol.* 2016:1–9.

52. Ellis RF, Hing WA, McNair PJ. Comparison of longitudinal sciatic nerve movement with different mobilization exercises: An in vivo study utilizing ultrasound imaging. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2012;42:667–75.
53. Carroll M, Yau J, Rome K, Hing W. Measurement of tibial nerve excursion during ankle joint dorsiflexion in a weight-bearing position with ultrasound imaging. *J Foot Ankle Res.* 2012;5:5.
54. Shum GL, Attenborough AS, Marsden JF, Hough AD. Tibial nerve excursion during lumbar spine and hip flexion measured with diagnostic ultrasound. *Ultrasound Med Biol.* 2013;39:784–90.
55. Ridehalgh C, Moore A, Hough A. Normative sciatic nerve excursion during a modified straight leg raise test. *Man Ther.* 2014;19:59–64.
56. Coppieters MW, Andersen LS, Johansen R, Giskegjerde PK, Høivik M, Vestre S, et al. Excursion of the sciatic nerve during nerve mobilization exercises: An in vivo cross-sectional study using dynamic ultrasound imaging. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2015;45:731–7.
57. Ellis R, Osborne S, Whitfield J, Parmar P, Hing W. The effect of spinal position on sciatic nerve excursion during seated neural mobilisation exercises: An in vivo study using ultrasound imaging. *J Man Manip Ther.* 2015;25:98–105.
58. Ellis R, Hing W, Dille A, McNair P. Reliability of measuring sciatic and tibial nerve movement with diagnostic ultrasound during a neural mobilisation technique. *Ultrasound Med Biol.* 2008;34:1209–16.
59. Coppieters MW, Andersen LS, Johansen R, Giskegjerde PK, Høivik M, Vestre S, et al. Excursion of the sciatic nerve during nerve mobilization exercises: An in vivo cross-sectional study using dynamic ultrasound imaging. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2015;45:731–7.