

apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

www.apunts.org



REVISIÓ

Desplaçament del sistema nerviós a partir del moviment articular mitjançant ecografia. Revisió bibliogràfica

Carles Munné^{a,*}, Carles Pedret^b

^aDepartament de Fisioteràpia, UVic-UCC (Campus Manresa), Manresa, Barcelona, Espanya

^bDepartament d'Ecografia i Medicina de l'Esport, Clínica Diagonal, Barcelona, Espanya

Rebut el 13 de setembre de 2017; acceptat el 27 de novembre de 2017

PARAULES CLAU

Neurodinàmica;
Moviment nerviós;
Pla a pla;
Sistema nerviós
perifèric

KEYWORDS

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

Resum

El sistema nerviós té la capacitat d'adaptar-se a les forces mecàniques de tensió, compressió i cisallament a què està exposat en els moviments diaris. La reducció del lliscament del nervi pot alterar-ne la funció per l'increment de la tensió neural, i pot afectar negativament i contribuir a l'aparició de dolor. L'objectiu d'aquest estudi és revisar la bibliografia actual del desplaçament del sistema nerviós i com mesurar-lo. Es realitza una cerca, a Pubmed i a PEDro, d'articles que mesurin el desplaçament neural, mitjançant la tècnica «*frame-by-frame cross correlation system*». Se seleccionen 20 estudis, 14 dels quals mesuren el desplaçament en persones sanes i 6 el comparen amb algun tipus de neuropatia perifèrica. Els resultats mostren la capacitat de moviment del sistema nerviós perifèric durant els diferents moviments de segments corporals per adaptar-se a l'espai per on discorre, tot i que no hi ha diferència significativa de desplaçament entre persones sanes i pacients amb afecció nerviosa.

© 2017 FC Barcelona. Publicat per Elsevier España, S.L.U. Tots els drets reservats.

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 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

* Autor per a la correspondència.

Correu electrònic: cmunne@umanresa.cat (C. Munné).

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.

Introducció

Quan es realitza un moviment corporal resta clar quina o quines articulacions hi estan implicades, de quin tipus d'articulació es tracta, quins músculs realitzen el moviment, i fins i tot quins elements d'estabilització passiva poden estar-hi actuant. Habitualment el sistema nerviós és el gran oblidat. Ell també es desplaça per adaptar-se al moviment corporal realitzat i continuar fent la seva funció, la de transmissor de l'impuls nerviós.

Durant les activitats de la vida diària, els moviments i les postures adoptades generen forces de tensió, compressió i cisalla sobre el sistema nerviós. En condicions normals, el sistema nerviós té la capacitat biomecànica d'adaptar-se a aquestes forces per continuar fent les seves funcions¹. L'organització estructural dels nervis perifèrics permet als axons la conducció dels impulsos nerviosos que facilitaran la interacció de l'individu amb l'entorn, mentre dirigeixen i toleren milers de postures del tronc, el cap i les extremitats.

S'ha suggerit que la reducció de la capacitat de moviment del nervi pot alterar la funció per l'increment de tensió neural, cosa que pot afectar negativament i contribuir a l'aparició de dolor²⁻⁴.

Quan hi ha un impediment del desplaçament del nervi, durant el moviment d'una articulació, aleshores la secció del nervi propera a l'articulació en moviment rep una tensió major per adaptar-se al canvi de l'estructura del llit nerviós per on discorre⁵⁻⁷. Perquè el sistema nerviós es mogui amb normalitat cal que s'adapti correctament a tres funcions mecàniques: tensió, compressió i desplaçament². L'adaptació a aquestes funcions mecàniques es produeix a nivell tant del sistema nerviós central com del perifèric, i aquestes funcions interactuen entre elles.

La neurodinàmica es pot definir com una tècnica de teràpia manual, l'objectiu de la qual està orientat a actuar sobre les estructures nervioses, a partir de la mobilització i el posicionament de múltiples articulacions⁸, integrant les funcions biomecàniques i fisiològiques del sistema nerviós com a base per poder explicar les possibles alteracions que es poden produir quan el sistema nerviós no és capaç d'adaptar-se a aquestes forces mecàniques a què està exposat³.

Les dades biomecàniques obtingudes mostren que els moviments articulars, realitzats en tècniques neurodinàmiques, incrementen la tensió, el desplaçament i la compressió del nervi avaluat. Quan es realitza un moviment articular al final de la mobilització neurodinàmica, els efectes biomecànics es traslladen al llarg de tot el trajecte de l'estructura nerviosa^{9,10}.

Per descriure els diferents tests neurodinàmics s'utilitzen seqüències de moviments estandarditzats. Alguns clínics són favorables a modificar l'ordre de les seqüències

per poder adequar-se a la clínica de cada pacient. Les diferents seqüències neurodinàmiques es basen en la creença que diferents ordres de reclutament de les diferents articulacions generen diferents nivells de tensió en un punt concret de l'estructura nerviosa al final de la seqüència neurodinàmica¹¹. Malgrat això, estudis en cadàvers mostren que quan les articulacions es mouen en rangs de moviment similars, la tensió de l'estructura nerviosa no es modifica en diferents ordres de moviment, tot i que, clínicament, quan s'apliquen diferents seqüències de moviment les articulacions es mouen en diferents rangs de moviment^{9,11}.

Diversos estudis^{9,11-16} evidencien que cada component individual de la seqüència neurodinàmica indueix un efecte sobre la càrrega mecànica de l'estructura nerviosa. Aquest efecte pot generar un desplaçament longitudinal i/o transversal del nervi, un increment de la tensió sobre l'estructura nerviosa, un augment de la compressió... per tant, des del vessant mecànic, tenim dades que reforcen la plausibilitat de la mobilització neurodinàmica.

Els tests neurodinàmics tenen com a objectiu principal valorar la mecanosensibilitat del teixit nerviós, és a dir, la capacitat d'adaptació del teixit nerviós a un estrès mecànic, tant per tensió com per compressió^{17,18}. L'objectiu no és situar el punt d'afectació de l'estructura neural avaluada, sinó que es requereix una exploració més exhaustiva, donada la implicació d'altres estructures, més enllà del sistema nerviós, en les respostes originades per aquesta alteració^{10,16,19,20}. Diferents estudis en cadàvers^{11,21,22} mostren que les mobilitzacions neurodinàmiques provoquen un desplaçament del nervi a través dels teixits que l'envolten. El nervi es desplaça en direcció a l'articulació, que durant la mobilització augmenta el llit nerviós per poder dissipar l'increment de tensió que ha d'exercir el moviment sobre l'estructura nerviosa²¹.

Pel que fa al vessant terapèutic de les mobilitzacions neurodinàmiques, cal definir el tipus de mobilitzacions descrites i quins efectes generen per poder restablir el funcionament normal de l'estructura nerviosa.

Hi ha dos tipus de mobilitzacions neurodinàmiques: mobilitzacions en tensió i mobilitzacions en lliscament^{3,21,23}. Les mobilitzacions en tensió consisteixen en realitzar la seqüència neurodinàmica de l'estructura nerviosa augmentant el llit nerviós fins a arribar al punt on apareix una primera resistència al moviment o la simptomatologia del pacient. En aquest punt es mobilitza un sol component, normalment distal, de la seqüència. Aquest tipus de mobilització genera una variació dinàmica de la pressió intraneural, una millora del retorn venós i facilita l'evacuació de l'edema intraneural²⁴⁻²⁶.

Quant a les mobilitzacions en lliscament, també es realitza la seqüència neurodinàmica de l'estructura que s'ha de tractar fins arribar a la primera resistència o bé fins a

generar la simptomatologia del pacient. En aquest moment, la mobilització en lliscament es realitza a partir de dos components de la seqüència, més o menys separats entre ells, en què l'un augmenta el llit nerviós, mentre que l'altre el redueix. Així s'observa un augment del moviment de l'estructura nerviosa amb poca modificació de la pressió intraneural²¹. Els efectes de les mobilitzacions en lliscament són que treballen en un rang articular ampli no dolorós, redueixen la proliferació de fibroblasts i, per tant, redueixen el teixit de cicatriu a nivell de l'estructura nerviosa treballada, així com que milloren la vascularització del sistema nerviós i el retorn venós^{11,24,27}.

Ecografia del sistema nerviós

El desenvolupament de transductors lineals d'alta freqüència ha comportat millores en la resolució d'imatges mitjançant ecografia. En el cas de les neuropaties compressives a nivell perifèric, la imatge ecogràfica es pot complementar amb la ressonància magnètica i l'estudi de la conducció nerviosa. En comparació amb la ressonància, l'ecografia és més econòmica, comporta menys temps en fer-la, presenta menys artefactes, és dinàmica i millora l'exploració longitudinal de l'estructura nerviosa. Per contra, el camp de visió és petit, la profunditat és limitada i pot presentar un efecte d'anisotropia quan s'exploren les estructures nervioses. La freqüència utilitzada per observar els nervis perifèrics oscil·la entre els 7 i els 12 MHz^{28,29}.

La primera descripció anatòmica, mitjançant ecografia del sistema nerviós perifèric, fou realitzada per Fornage³⁰, que observà els nervis medial, cubital, ciàtic i tibial. D'acord amb la literatura, un nervi perifèric normal mostra una estructura tubular que alterna zones hipoeogèniques amb zones hipereogèniques, que corresponen a les fibres nervioses i al perineuri, que dona la impressió de bresca d'abelles quan es pren una imatge transversal. Hi ha diferents factors que poden influir en el calibre del nervi, com poden ser l'índex de massa corporal, l'edat i el gènere³¹.

La diferenciació ecogràfica entre tendó i nervi perifèric es basa en el fet que els tendons, a diferència dels nervis, mostren nombroses línies hipereogèniques paral·leles, separades per línies hipoeogèniques. D'altra banda, la reducció del desplaçament del nervi durant un moviment actiu o passiu d'una extremitat és una bona referència a l'hora de diferenciar-lo d'un tendó³².

L'ecografia és el mètode recomanat per avaluar la morfologia i la mobilitat del nervi perifèric, i s'ha demostrat que pot ajudar el diagnòstic de neuropaties compressives^{33,34}. Ofereix avantatges potencials sobre altres tècniques d'imatges estàtiques pel fet que permet una valoració dinàmica i funcional de les neuropaties compressives^{35,36}. La dificultat recau en quantificar el desplaçament longitudinal *in vivo* de l'estructura nerviosa, ja que és una estructura contínua en què no es poden situar marcadors i que presenta un determinat desplaçament transversal, cosa que pot complicar el seguiment de l'estructura nerviosa en determinades zones.

Dilley et al.³⁷ desenvoluparen, amb l'ajuda de Matlab, un algoritme per poder mesurar el desplaçament de les estruc-

tures nervioses. El «*frame-by-frame cross correlation system*» es considera una eina fiable per calcular el desplaçament longitudinal del nervi. Aquest algoritme pot calcular amb èxit moviments entre 1 i 3 mm en el transductor amb menys del 10% d'error. Per prendre les mesures s'edita un vídeo del desplaçament de l'estructura nerviosa, mitjançant ecografia, per veure el moviment, des de la posició d'inici, fins el final del moviment sol·licitat. Aquestes seqüències de vídeo obtingudes es transformen en píxels, que generen entre 50-100 *frames* o imatges per segon de vídeo. S'escullen regions d'interès, a partir de les quals el programa calcula el moviment relatiu del nervi comparant les escales de grisos de cada regió adjacent, transformant el valor en mil·límetres. Pren el valor de cada píxel d'una escala de grisos i el compara amb l'escala de grisos del següent *frame*. Es calcula un coeficient de correlació per a cada canvi de píxels individual. El pic d'una equació quadràtica ajustada als tres coeficients de correlació màxims és equivalent al desplaçament o moviment de píxels entre marcs adjacents.

Per evitar tota alteració a nivell del transductor s'ha de mesurar, de la mateixa manera que hem fet amb el nervi, una estructura estàtica, com poden ser les capes subcutànies. Aquest moviment s'ha de restar del resultat obtingut pel nervi per poder obtenir el valor més exacte possible del moviment de l'estructura nerviosa³⁷⁻³⁹.

L'objectiu de l'estudi és fer una revisió bibliogràfica per determinar la fiabilitat de l'estudi ecogràfic en la valoració del desplaçament nerviós, així com observar el desplaçament de diferents estructures nervioses en diferents seqüències neurodinàmiques.

Metodologia

Es realitza la cerca a nivell de Pubmed, Medline i PEDro, mitjançant la combinació de les paraules clau següents (fig. 1): [Excursion nerve AND Ultrasound], [Neurodynamics AND Ultrasound] i [Nerve movement AND Ultrasound AND (frame-by-frame)].

Els criteris d'inclusió són assaigs clínics, publicats en anglès o castellà, que utilitzin la tècnica descrita per Dilley per mesurar el desplaçament del sistema nerviós.

Queden exclosos els articles realitzats amb cadàvers o amb animals.

La cerca inclou articles publicats des de gener de 2001 fins a desembre de 2016.

Donat que la majoria d'estudis són observacionals, es revisa si compleixen les directrius per a la comunicació dels estudis observacionals que figuren a la declaració de la iniciativa *Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology* (STROBE).

S'obtingueren un total de 107 resultats. Una vegada eliminats els duplicats, restaren un total de 80 articles per revisar. D'aquest nombre se'n descartaren 44 després de llegir el títol i el resum, i en quedaren 36 per a la lectura completa. Es descartaren tres articles per haver estat realitzats en cadàver i no *in vivo* i uns altres 13 per no realitzar la mesura mitjançant el mètode «*frame-by-frame cross correlation system*» descrit per Dilley et al. Restaren un total de 20 articles per a la realització de la revisió.

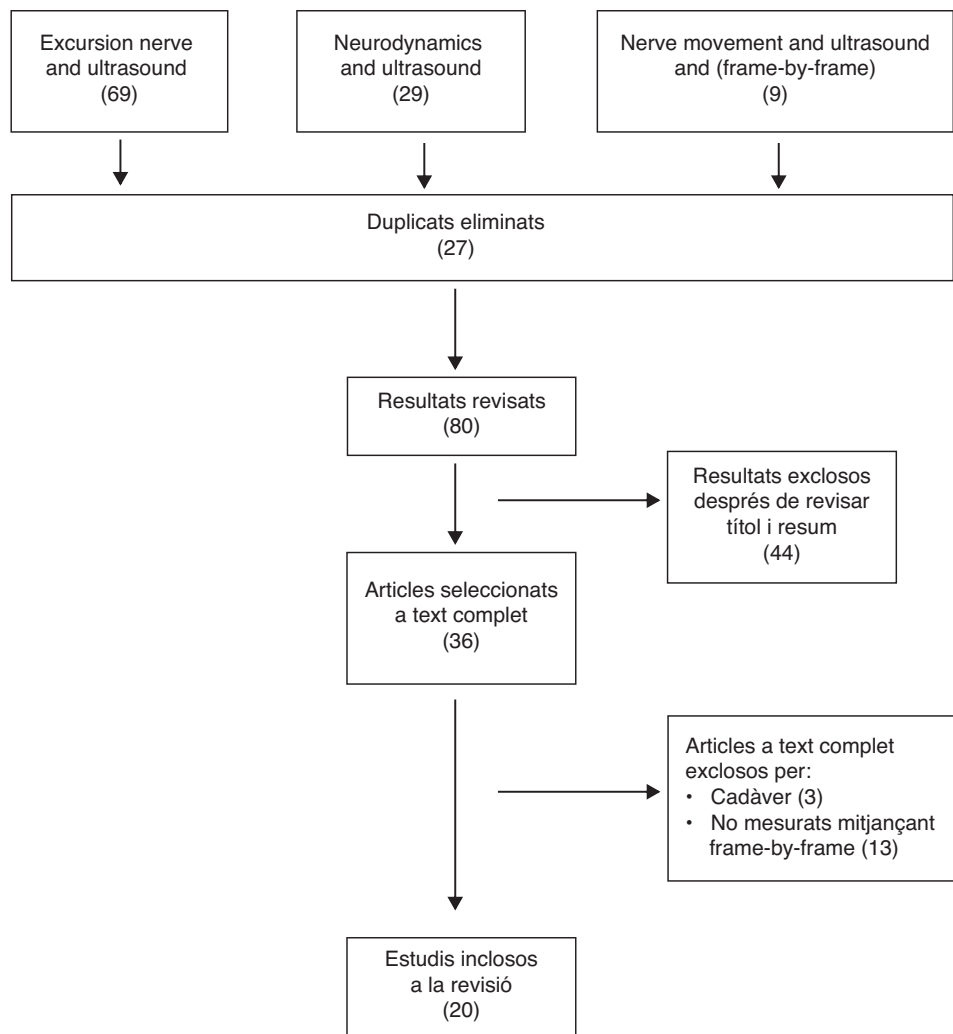


Figura 1 Diagrama de flux

Resultats

Dels 20 articles seleccionats per revisar, 6 comparen el desplaçament de l'estructura nerviosa en persones amb algun tipus de neuropatia perifèrica o dolor inespecífic, amb el grup control de persones asimptomàtiques⁴⁰⁻⁴⁵ (taula 1). Els 14 restants realitzen el mesurament del desplaçament de l'estructura nerviosa de persones sanes a partir del nervi medial^{37,46-50}, del nervi radial⁵¹, del ciàtic i les seves terminacions⁵²⁻⁵⁸ (taula 2).

Sembla que la fiabilitat de l'ecografia, i en concret el sistema desenvolupat per Dilley et al. per mesurar el desplaçament longitudinal del sistema nerviós perifèric, presenta uns resultats excel·lents. A l'estudi d'Ellis et al.⁵⁸ s'obté una ICC = 0,75 del desplaçament longitudinal del nervi ciàtic. Carroll et al.⁵³ obtenen una ICC = 0,93 del desplaçament del nervi tibial, similar a l'estudi de Ridehalgh et al.³⁸, en què el resultat del desplaçament del nervi ciàtic en l'*Straight Leg Raising* (SLR) és ICC = 0,93-0,96. A nivell de l'extremitat superior s'observa una correlació de moderada a alta a l'estudi del desplaçament del nervi radial, realitzat per Kasehagen et al.⁵¹ (ICC = 0,63-0,86).

A nivell de l'extremitat superior el nervi més avaluat és el nervi medial, possiblement perquè és més fàcil de localitzar i se'n pot mesurar millor el desplaçament. S'observa que hi ha disparitat de criteris en la posició adoptada pel pacient per a la recollida de dades, cosa que n'ha de dificultar la comparativa de resultats. La posició de la cintura escapular va des dels 20° d'adducció de Julius et al.⁵⁰, als 90° de Dilley et al. i Coppieters et al.⁴⁹, passant pels 30° i els 45°. A nivell de colze, canell i dits també hi ha variants múltiples, que oscil·len en funció del moviment que se sol·licita a la persona. En aquest aspecte, se sol·liciten diferents moviments tant actius com passius. En tots els casos s'observa que el nervi es desplaça cap a l'articulació, que augmenta el llit nerviós. S'observa un desplaçament major del nervi a la zona pròxima a l'articulació que s'està mobilitzant. A mesura que ens allunyem de l'articulació sol·licitada, el desplaçament del nervi es redueix. En les mobilitzacions de lliscament, el desplaçament del nervi a la zona de mesura és major si els components del lliscament són pròxims a la zona. Això s'observa perfectament en els estudis que avaluen el desplaçament del nervi ciàtic a nivell de la cara posterior de la cuixa. En aquest cas, s'escullen

Taula 1 Desplaçament del nervi perifèric. Comparativa nervi afectat i grup control

Autor	Dimensió de la mostra	Posició pacient	Lloc de mostra	Moviment sol·licitat	Resultat
Erel (2003)	17 síndrome del túnel carpià; 19 grup control	Decúbit supí amb abducció de 45 i 90° de GH, extensió de colze i supinació	1/3 distal de l'avantbraç	Extensió d'MTC-F (de 90° de flexió a 0°)	2,62 mm de lliscament distal grup control, 2,20 mm STC
Greening (2005)	9 pacients Wiplash/8 grup control/8 pacients dolor inespecífic braç/7 grup control	Decúbit supí ABD 30° GH, extensió de colze i avantbraç en supinació	1/3 avantbraç mitjà	Inspiració màxima	Wiplash: 0,38 mm/GC: 1,32 mm. Dolor inespecífic braç 0,49 mm/GC: 1,55 mm
Dilley (2007)	18 dolor inespecífic braç; 39 grup control	<i>Extensió de canell:</i> ABD de 45° amb rotació externa, extensió de colze i supinació. <i>Extensió MTC-F:</i> ABD 90°, colze i canell en extensió. <i>Extensió de colze:</i> ABD 90° i posició neutra canell	1/3 avantbraç mitjà i 1/3 distal braç	Extensió de canell, extensió d'MTC-F, extensió de colze	No s'observen diferències significatives en el moviment entre grup intervenció i grup control
Erel (2010)	10 (3 dones 7 homes) amb sutura nervi medial	Decúbit supí, 45° ABD GH i extensió de colze i supinació	5-15 cm proximal al plec del canell	Extensió MTC-F de 90° de flexió en posició neutra	2,15 mm nervi afectat; 2,54 mm costat sa. Correlació entre reducció de lliscament i temps entre lesió i intervenció quirúrgica
Boyd (2012)	5 pacients diabetis tipus 2. 5 persones sanes	Decúbit lateral, amb maluc a 20° de flexió i extensió de genoll. Decúbit lateral, amb flexió de maluc fins al punt on aparegui resposta sensitiva, extensió de genoll	Buit popliti	Flexió dorsal de turmell de 30° de flexió plantar en posició neutra	En flexió de 20°: 2,18 mm GC, 0,83 mm diabetis. <i>Flexió de maluc max.:</i> 0,66 mm GC, 0,42 mm diabetis
Ridehalg (2015)	18 persones asintomàtiques. 67 persones amb dolor referit a l'extremitat inferior	Decúbit lateral, amb 30° i 60° de flexió de maluc i flexió de genoll a 90°	Cara posterior de la cuixa	Extensió de genoll en 3 fases: de 90° a 45°, de 45° a 20° i de 20° fins a extensió completa	No diferència significativa entre grup control i grup de dolor referit (10 i 10,3 mm). Lleugera reducció de lliscament en els grups de radiculopatia i dolor radicular (9,4 mm i 8,8 mm)

majoritàriament dos tipus de mobilització: a partir del test d'Slump, amb els components cervical i genoll^{52,57}, o combinant la flexió del maluc amb la flexió del genoll i l'extensió del maluc amb l'extensió del genoll^{45,59}. En aquests casos s'observa un desplaçament més gran del nervi ciàtic en els

estudis que utilitzen els components de l'extremitat inferior per generar el desplaçament. Quan es trien components molt allunyats de la zona de mesura (p.ex., flexió cervical perquè llisqui el ciàtic a la cuixa), el desplaçament és molt petit⁵².

Taula 2 Desplaçament del nervi perifèric de pacients sans

Autor	Dimensió de la mostra	Posició del pacient	Lloc de la mostra	Moviment sol·licitat	Resultat
Dilley (2001)	10 (3 canell/7 índex)	Decúbit supí. Canell: ABD GH 201, extensió de colze i avantbraç en supinació Índex: igual que en el canell però amb ABD de 45°	6-12 cm per damunt del canell	Canell: extensió passiva radiocarpiana de 0° a 30°. Índex: Mov. passiu de màxima flexió a 30° d'extensió MTC-F	2,8-3,9 mm de desplaçament en extensió passiva radiocarpiana; 1,6-4,5 mm (DE ± 0,4 mm) en extensió passiva de l'índex
Dilley (2003)	34 (23 dones/11 homes)	Extensió radiocarpiana: ABD 1/3 distal de GH a 30-45-90° amb extensió completa o flexió de 90° de colze. Avantbraç en supinació. Abducció GH: ABD GH 10° amb extensió de colze i avantbraç en supinació. Extensió de colze: ABD GH 90° i radiocarpiana en posició neutra o extensió de 45°. Inclinació contralateral cervical: ABD GH a 30 i 90° amb colze en extensió i avantbraç en supinació	ABD 1/3 distal de l'avantbraç, 1/3 distal del braç i 1/3 proximal de l'avantbraç	Extensió radiocarpiana: de 60° de flexió a 40° d'extensió. Abducció GH: de 10° a 90°. Extensió de colze: de 90° de flexió a 0°. Inclinació cervical contralateral	En l'extensió radiocarpiana s'observa un lliscament distal del nervi medial. Hi ha una reducció del 20% del desplaçament amb el braç en ABD de 90° respecte a ABD de 45°. Amb el colze en flexió de 90° en fer l'extensió radiocarpiana no s'observa moviment relatiu a nivell del braç i si a nivell de l'avantbraç. S'observa lliscament de l'estructura nerviosa cap a l'articulació que genera tensió
Julius (2004)	14 (9 dones/5 homes)	Avantpulsió i flexió de tronc: flexió 90° GH i ABD 20° GH, extensió de colze i supinació. Inclinació contralateral cervical: ABD 90° GH, colze en extensió i supinació d'avantbraç	Avantbraç	Antepulsió cervical, flexió de tronc i inclinació cervical contralateral	Dels tres moviments, el que genera un desplaçament major és la inclinació cervical contralateral (2,3 mm a nivell del braç i 1,5 mm a nivell de l'avantbraç). L'antepulsió de l'espatlla redueix el desplaçament
Echigo (2008)	34 dones	Decúbit supí i abducció glenohumeral de 30°	1/3 proximal de l'avantbraç	Extensió passiva de canell i dits en diferents combinacions de posició de colze i avantbraç. Moviment actiu de flexió IFP i IFD i triple flexió IF i MTCF	La mobilització passiva genera un desplaçament major de l'estructura nerviosa en totes les variants que la mobilització activa. El desplaçament de l'estructura nerviosa és distal en el moviment passiu d'extensió de canell i dits, en canvi és proximal en el moviment actiu de flexió de dits

Coppieters (2009)	15 (8 dones/7 homes)	Decúbit supí amb abducció de 90° i rotació externa GH	7-10 cm proximal a epicondíl medial	Lliscament: extensió de colze + inclinació homolateral. Tensió: extensió de colze + inclinació contralateral cervical	La mobilització en lliscament genera un desplaçament major de l'estructura nerviosa que la de tensió (10,2 i 1,8 mm, respectivament)
Brochwic (2013)	11 (6 dones i 5 homes) i 9 (5 dones i 4 homes)	Decúbit supí amb ABD 30° + RE GH i extensió de colze	Avantbraç	Translació cervical i inclinació cervical	3,3 mm de desplaçament en translació. 2,3 mm en inclinació
Kasehagen (2016)	30 (18 dones i 12 homes)	Decúbit supí amb ABD 45°, extensió de colze i MTCF a 30° de flexió	1-5 cm proximal a l'articulació humerocubital	Flexió y desviació cubital de canell tant activa com passiva en pronació i supinació d'avantbraç	El nervi radial presenta un desplaçament major amb l'avantbraç en supinació que en pronació (1,41 vs 1,06 mm). Moviment passiu genera major recorregut que actiu 1,42 vs 1,04 mm
Ellis (2008)	27 (14 dones i 13 homes)	Posició del test SLUMP amb flexió de maluc de 90° i de genoll de 50°	Cara posterior de la cuixa i buit popliti	De màxima flexió cervical i flexió plantar a extensió cervical activa i flexió dorsal de turmell passiva	3,47 mm cara posterior del maluc, 5,22 mm en el buit popliti
Ellis (2012)	31 (22 dones 9 homes)	Posició del test SLUMP amb flexió de maluc de 90°	1/3 mig cara posterior de la cuixa	Extensió cervical i extensió de genoll (de 80 a 20° de flexió), mobilització en tensió	3,2 mm de desplaçament en lliscament. 2,6 mm en tensió. Si només es mou component cervical hi ha poc desplaçament a nivell de la cuixa (0,1 mm)
Carroll (2012)	16 (10 dones i 6 homes)	Bipedestació amb el peu damunt una plataforma mòbil que fa la flexió dorsal del turmell des de 10° de flexió plantar fins els 20° de flexió dorsal	Zona retromal·leolar tibial	Flexió dorsal de turmell	3 mm en sentit caudal
Shum (2013)	25 (14 dones i 11 homes)	Bipedestació amb extensió de genolls	Buit popliti	Flexió de tronc i maluc	12,2 mm en sentit proximal
Ridehalgh (2014)	18 (9 dones i 9 homes)	Decúbit lateral amb maluc a 30 i 60° de flexió	10 cm distal al plec gluti	Extensió de genoll en 3 fases: de 90° de flexió a 45°, de 45° a 20° i de 20° a 0°	En flexió 30° de maluc: 9,9-10,1 mm. En flexió de 60°: 12,4-12,5 mm
Coppieters (2015)	15 (9 dones i 6 homes)	Decúbit lateral	Cara posterior de la cuixa en la zona on s'observa menor desplaçament transversal	Diferents combinacions de moviment de maluc i genoll	La mobilització en lliscament presenta major recorregut que la resta, fins 17 mm. La mobilització en tensió genera 3,2 mm de desplaçament
Ellis (2016)	34 (16 dones i 18 homes)	En sedestació en posició d'SLUMP o erecta. maluc 90°	1/3 mig cara posterior de la cuixa	Mobilitzacions en lliscament i tensió combinant moviments de cervicals i genoll	Major desplaçament en posició erecta que en SLUMP tot i que no significatiu (6,9-6,4 mm, respectivament)

A l'estudi de Kasehagen et al.⁵¹, que avalua el desplaçament del nervi radial a nivell supracondili, a partir del moviment actiu i passiu del canell cap a la flexió palmar o la desviació cubital, resulta significatiu observar que es produeix un desplaçament major del nervi amb l'avantbraç amb supinació que en pronació, cosa que difereix amb la descripció de l'ULNT2b corresponent al nervi radial, perquè en aquest test es descriu a partir de la pronació de l'avantbraç^{9,15}. En aquest mateix estudi s'observa també un desplaçament major a partir de mobilitzacions passives que a partir de les actives, degut al rang major de mobilitat generat.

Els estudis analitzats corroboren diferents principis en què es basa la neurodinàmica. S'observa un desplaçament de l'estructura nerviosa respecte als teixits adjacents, més o menys significativa, en tots i cada un dels estudis. El desplaçament del nervi va en direcció a l'articulació que augmenta el llit nerviós per on discorre l'estructura nerviosa; per tant, l'articulació que incrementa la tensió sobre el nervi.

Respecte als estudis que comparen el desplaçament entre persones sanes i persones amb alguna neuropatia perifèrica, no s'observen resultats significatius per poder afirmar que el fet de tenir una neuropatia provocarà una reducció del desplaçament de l'estructura nerviosa al voltant de les estructures adjacents. Ridehalgh et al.⁴⁵ observen una reducció lleu del lliscament en els subgrups de radiculopatia i dolor radicular, però no observen diferències en el grup de dolor somàtic referit. També cal tenir en compte altres aspectes, no únicament els canvis anatomopatològics, en la generació de dolor d'una neuropatia perifèrica, com poden ser la reducció del flux sanguini o la generació d'un edema endoneural i l'activació del sistema immune.

En una reparació per secció de nervi s'observa una reducció significativa del desplaçament de l'estructura nerviosa respecte a persones sanes, i a més hi ha una correlació directa entre la reducció del desplaçament i el temps de demora en la intervenció quirúrgica. S'observa menor desplaçament com més gran ha estat la demora de la intervenció.

La limitació principal de la tècnica ecogràfica, per avaluar el moviment longitudinal dels nervis perifèrics, és el moviment transversal de la pròpia estructura, que provoca que l'estructura que s'ha d'avaluar surti fora del pla de la imatge en l'estudi de desplaçament longitudinal. Per minimitzar aquest efecte, alguns estudis descriuen zones en què el desplaçament lateral és molt reduït^{52,55,58,59}.

En futures investigacions caldria abordar l'observació de la mobilitat de les estructures nervioses en persones amb un altre tipus d'afectació musculoesquelètica, com poden ser les lesions musculars i la seva relació amb les estructures nervioses adjacents. Així, dins el treball de recuperació ha d'implementar-se un treball específic de l'estructura nerviosa, en cas d'observar-se una reducció del lliscament d'aquesta estructura respecte a les estructures adjacents.

Conflicte d'interessos

Els autors declaren que no tenen cap conflicte d'interessos.

Bibliografia

- 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.
- Shacklock MO. *Neurodinàmica clínica: un nuevo sistema de tratamiento musculoesquelético*. Barcelona: Elsevier; 2006.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Nee RJ, Jull GA, Vicenzino B, Coppiters MW. The validity of upper-limb neurodynamic tests for detecting peripheral neuropathic pain. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2012;42:413-24.
- Schmid AB, Brunner F, Luomajoki H, Held U, Bachmann LM, Künzer S, et al. Reliability of clinical tests to evaluate nerve function and mechano-sensitivity of the upper limb peripheral nervous system. *BMC Musculoskelet Disord*. 2009;10:11.
- Nee RJ, Yang CH, Liang C-C, Tseng G-F, Coppiters 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.
- 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 Manip Physiol Ther*. 2008;36:626-32.
- 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.
- Legakis A, Boyd BS. The influence of scapular depression on upper limb neurodynamic test responses. *J Man Manip Ther*. 2012;20:75-82.
- 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.
- 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 Manip Physiol Ther*. 2012;35:54-63.
- 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.
- Boyd BS, Wanek L, Gray AT, Topp KS. Mechano-sensitivity of the lower extremity nervous system during straight-leg raise neurodynamic testing in healthy individuals. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2009;39:780-90.
- 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 Manip 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, Puentedura 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, Tsvigoulis 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, Llusà 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;24:1-23.
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, Dilley 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.